



## ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ-2016

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ,  
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ,  
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ  
**«ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ-2016»**,  
ПОСВЯЩЁННОЙ ГОДУ ОБРАЗОВАНИЯ  
В СОДРУЖЕСТВЕ НЕЗАВИСИМЫХ ГОСУДАРСТВ

КРАСНОЯРСК, СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

15-25 АПРЕЛЯ 2016 Г.

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»

Сборник материалов  
Международной конференции студентов,  
аспирантов и молодых учёных  
«Перспектив Свободный-2016»,  
посвящённой Году образования  
в Содружестве Независимых Государств

Красноярск, Сибирский федеральный университет, 15-25 апреля  
2016 г.

Красноярск, 2016



ПЕРСПЕКТИВ СВОБОДНЫЙ-2016

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ

Красноярск, Сибирский федеральный университет, 15-25 апреля 2016 г.

# **«Системы теплогазоснабжения и вентиляции»**



## ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Алексеев А.А.

научный руководитель канд. техн. наук Панфилов В.И.

*Сибирский федеральный университет*

В современном мире в жилых зданиях используются конструкции и материалы с высокой герметичностью. Все это обусловило появление ряда проблем, связанных с ухудшением качества воздуха в помещениях, образованием плесени на отдельных конструкциях, повреждением отделки помещений<sup>[1]</sup>.

Также это привело к нарушению работы естественной вентиляции, как последствия:

- 1) Понижение температуры стенок каналов
- 2) Образование конденсата
- 3) Изморози и наледей (рисунок 1).
- 4) Перетекание воздуха через вытяжные каналы между отдельными квартирами
- 5) Поступление воздуха из теплого чердака в квартиры верхних этажей
- 6) Опрокидывание вытяжных шахт и соответственно, понижение температуры воздуха в теплом чердаке.



***Рис.1 - Результат не правильной работы естественной вытяжной  
вентиляции в зимнее время года***

Полностью закрытые деревянные окна обеспечивают режим инфильтрации, близкий к нормативному уровню воздухообмена в квартире, и только при низких наружных температурах возникает необходимость в герметизации оконных переплетов. Учитывая малый размер щелей в окнах и их большую протяженность, наружный инфильтрующийся воздух быстро смешивается с конвективным потоком от отопительных приборов и не создает в большинстве случаев дискомфортных зон.

В современных зданиях при полностью закрытых окнах инфильтрация незначительна и существенно ниже требуемого по нормативам воздухообмена.

Как следствие приток воздуха в квартиру резко уменьшается, соответственно уменьшается расход воздуха через вытяжные каналы, и система в целом выходит в режим неустойчивого равновесия: перепад давлений есть, каналы заполнены теплым воздухом, но движение воздуха через каналы практически отсутствует – вследствие недостаточного притока. Система «останавливается»

И в данной ситуации достаточно небольшого перепада давлений, обусловленного порывами ветра, открыванием входной двери, разностью температур в отдельных помещениях или разными отметками оголовков вентшахт, с тем чтобы один

из каналов «опрокинулся». При этом «опрокинутый» канал заполняется холодным воздухом, его стенки охлаждаются, появляется дополнительный перепад давлений, обусловленный разностью плотностей теплого и холодного воздуха в различных каналах одной квартиры, и система переходит в новое устойчивое состояние с поступлением наружного воздуха в квартиру через вытяжной канал.

Учитывая изложенное и особый климат России, когда свободное открытие окон затруднено, рекомендуется:

-Устанавливать герметичные переплеты в квартирах с организованной приточно-вытяжной системой вентиляции предпочтительно во всем здании.

-Устанавливать приточно- приточно-вытяжные устройства такие как:

Сиб-2, сиб-3, КИФ, Аэроматик, СКВ-75, Marley MEnV-180



Таблица 1 – Приточные устройства

Тип	Вид	Живое сечение, см <sup>2</sup>	Расход, (м <sup>3</sup> /ч*даПа)
Форточка		1600	300
Сиб-2		169 ÷ 216	30÷40
Сиб-3		78 ÷ 216	15÷40
СКВ-75		49	10
КИВ		32	6

Недостатки приточных устройств: Недостатками такого способа являются: резкие перепады внутренней температуры, проникновение грязи и пыли извне, исчезновение шумоизоляционных свойств во время проветривания; резкий перепад температуры для растений, отсутствие контроля процесса и экономии тепловых ресурсов.

Работает только при присутствии расхода воздуха в вытяжных каналах.

Таблица 2 - Приточно – вытяжные устройства

Тип	Вид	Живое сечение, см <sup>2</sup>	Расход, (м <sup>3</sup> /ч)	Теплообмен, Вт
Marley MEnV-180		В зависимости от необходимого расхода в помещении	Регулируемый	До 8
Бризеры Тион		514x454x163 +Фильтр	40-130	18-30

Недостатки приточно-вытяжных устройств:

Мощности одного устройства хватит для проветривания только небольших пространств - до 20 м<sup>2</sup>. В просторных домах необходимо ставить несколько клапанов.

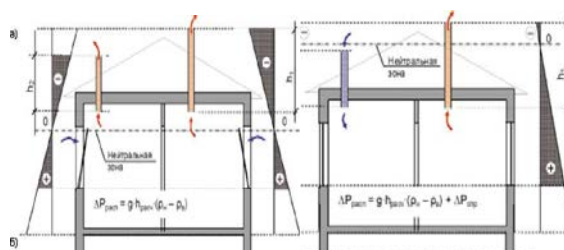
Вентиляция может «подсасывать» воздух из дымоходов (запрещена установка в комнатах с печами и каминами)<sup>[2]</sup>.

В условиях уральского климата, при сильных морозах необходимо переставить вентилятор внутрь (что позволит предотвратить его обмерзание). Нет высокоэффективных фильтров.

Недостатки бризеров:

- 1) Фильтры нуждаются в ежемесячной очистке;
- 2) Для нормальной работы системы вентиляции необходима взаимная увязка сопротивлений приточных устройств с располагаемыми давлениями и сопротивлением вытяжных каналов;
- 3) Сопротивления каналов в пределах квартиры должны быть увязаны между собой.

Сложилось определенное мнение, согласно которому достаточно предусмотреть установку каких-либо клапанов, фурнитуры с микропроветриванием или микровентиляцией — и все проблемы решены. Увы, но ситуация гораздо сложнее. И не только потому, что требуемый воздухообмен может быть не обеспечен. Без взаимной увязки сопротивлений приточных и вытяжных систем вентиляционные каналы могут быть опрокинуты и при наличии приточных устройств. В качестве примера на рис. 2 показана физика этих процессов с применением понятия нейтральной зоны (нейтральная зона — условная плоскость, в которой перепад давлений между внутренним и наружным воздухом равен нулю). При наличии отверстий в ограждающих конструкциях (например открытых окон) нейтральная зона располагается между приточными и вытяжными отверстиями.



**Рис.2 - Изменение расположения нейтральной зоны при открытых (а) и закрытых (б) оконных створках или клапанах**

Конкретное местоположение нейтральной зоны зависит от соотношения площадей приточных и вытяжных отверстий. При отсутствии приточных устройств или их достаточно большом сопротивлении нейтральная зона поднимается вверх. И чем больше сопротивление приточных клапанов, тем нейтральная зона поднимается выше. При этом, если оголовки каналов расположены на различной высоте, то при определенных условиях один из них может начать работать на приток.

Таким образом, для нормальной работы системы вентиляции необходима взаимная увязка сопротивлений приточных устройств с располагаемыми давлениями и сопротивлением вытяжных каналов.

Кроме того, сопротивления каналов в пределах квартиры должны быть увязаны между собой.

В частности, при проектировании системы естественной вентиляции (например,

с двумя вытяжными каналами в квартире), представляется необходимым соблюдение равенства<sup>[3]</sup>:

$$P_{\text{ext.1}} - (\sum R\lambda\beta + Z) \approx P_{\text{ext.2}} - (\sum R\lambda\beta + Z) \quad (1)$$

Подбор количества приточных устройств (стенowych или оконных вентиляционных клапанов с учетом их типоразмеров), предлагается производить по разности давлений между располагаемым давлением и потерями давления в вытяжных каналах:

$$\Delta P_{\text{пр}} = P_{\text{ext.t}} - (\sum R\lambda\beta + Z) \quad (2)$$

где  $P_{\text{ext.1}}$ ,  $P_{\text{ext.2}}$  – располагаемое давление в каналах квартиры, Па;  $(\sum R\lambda\beta + Z)$  – потери давления на трение и местные сопротивления в этих же каналах, Па.

При этом расход воздуха через приточные устройства следует принимать по паспортным данным.

В большинстве многоэтажных жилых зданий применяется вытяжная вентиляция с естественным побуждением. Учитывая современные материалы и вышеупомянутое, можно констатировать, что в квартирах не обеспечивается требуемый воздухообмен.

Отсутствие приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением в жилых зданиях России исключает возможность использования теплоты удаляемого вентиляционного воздуха, хотя именно в нашей стране она должна применяться в большей степени. Так как Россия расходует в 3,1 раза больше энергии на выработку валовой продукции, чем передовые европейские страны, а, следовательно, более всего нуждается в энергосбережении. Оно обеспечивается использованием теплоты удаляемого из здания воздуха.

Континентальный климат России характеризуется высоким дискомфортными температурами в жилых помещениях в летний период, а применяемые вентиляционные устройства не могут обеспечить понижения температуры до комфортного уровня. Это возможно с помощью системы местного кондиционирования, однако из-за высокой стоимости её установка доступна лишь небольшой части населения.

Из этого следует о целесообразности совершенствования вентиляционных устройств в многоэтажных жилых зданиях, хотя это и увеличит единовременные капиталовложения инженерное оборудования. В частности, поэтому, особенно в существующих зданиях, еще долго будет использоваться вытяжная система вентиляции с естественным побуждением и естественным притоком воздуха. Долго время система вентиляции оставалась без коренного изменения еще и потому, что жители не сразу ощущают негативное воздействие на здоровье неэффективной работы вентиляционных систем.

### Список литературы

1. Вентиляция многоэтажных жилых зданий. И.Ф. Ливчак, А.Л.Наумов, С 136.
2. Вентиляция для многоэтажных жилых зданий. [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=5599](http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5599)
3. Особенности проектирования систем естественной вентиляции с вертикальными сборными каналами [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0ahUKEwikze2-vb\\_LAhUH8ywKHRMeD9kQFgguMAM&url=http%3A%2F%2Fforum-okna.ru%2Findex.php%3Fapp%3Dcore%26module%3Dattach%26section%3Dattach%26attach\\_id%3D17821&usq=AFQjCNHbymA9-6FgYM9W6gaIouX0zFrgXQ&sig2=aTQ\\_H7v66Kld0jy7cjmy6A&cad=rja](https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0ahUKEwikze2-vb_LAhUH8ywKHRMeD9kQFgguMAM&url=http%3A%2F%2Fforum-okna.ru%2Findex.php%3Fapp%3Dcore%26module%3Dattach%26section%3Dattach%26attach_id%3D17821&usq=AFQjCNHbymA9-6FgYM9W6gaIouX0zFrgXQ&sig2=aTQ_H7v66Kld0jy7cjmy6A&cad=rja)

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАБОТЫ КОТЛОВ

**Барсуков А.Е., Юсупова А.А.**

**научные руководители канд. техн. наук, доц. Авласевич А.И.,**

**канд. техн. наук, доц. Оленев И.Б.**

*Сибирский федеральный университет*

Снижение уровня оплаты услуг ЖКХ неотъемлемо связаны с решением вопроса снижения себестоимости производства тепловой энергии. Для решения этого вопроса необходимо экономить топливо или его заменить на более дешёвый вид топлива. Кроме этого при производстве тепла осуществляется загрязнение атмосферы продуктами сгорания топлива. Котельные находятся в густонаселённых районах и вредные выбросы (окислы азота, окислы серы, канцерогенные вещества, продукты неполного сгорания), которые содержатся в дымовых газах, являются экологически опасными для окружающей среды и здоровья человека<sup>[1]</sup>.

Экономичность и экологичность работы котлов, работающих на жидком топливе, достигается улучшение качества распыливания, турбулизация корня факела, улучшение смешения топлива с окислителем, формирование формы факела применительно к данной топочной камере, а также создание условий, при которых сжигание жидкого топлива по теплотехническим и эксплуатационным характеристикам не уступало бы сжиганию газообразного топлива<sup>[1, 5]</sup>.

При работе котельных на жидком топливе для повышения надежности, экологичности и экономичности их работы необходимо применять следующие:

- использование подогревателей мазута;
  - разработка схем мазутного хозяйства с применением специальных эмульгаторов, которые позволят создать однородное жидкое топливо и исключить отрыв пламени за счет наличия воды в мазуте<sup>[4]</sup>;
  - использование эффективных акустических горелочных устройств<sup>[5]</sup>;
  - использование форсунок, позволяющих создавать водотопливные эмульсии<sup>[6]</sup>;
  - использование нетрадиционного топлива (биогаза из отходов животноводства и т.д.)
- это позволит избавиться от отходов и выработать дешёвое топливо;
- использование утилизаторов теплоты отходящих газов позволяют экономить топливо за счет снижения температуры отходящих дымовых газов

Создание водотопливных эмульсий позволит снизить выброс вредных веществ и сократить расход топлива<sup>[4]</sup>.

Экспериментально установлено, что при сжигании жидкого топлива в виде водотопливной эмульсии позволяет следующие:

- повысить КПД котельной установки на 2-3%;
- снизить выход окислов азота на 40%;
- понизить выход сажи на 95%;
- ликвидировать промышленные стоки предприятий.

Сжигание мазута в виде водотопливных эмульсий позволит наряду с экономическими факторами решить вопрос повышения экологичности работы котельной и надежность работы котлов.

На многих крупных предприятиях скапливается большое количество отработанных масел, которые требуют дополнительных расходов на их сдачу специальным организациям. Авторами экспериментально и теоретически поработаны



варианты использования масел в качестве топлива. При работе котлов на отработанных маслах не снижаются их экологические и экономические показатели. Это позволяет кроме этого ликвидировать этот вид отхода, без каких либо затрат.

Испытания по влиянию влаги на эффективность сжигания топлива и надежность работы горелочного устройства, особенно при малых тепловых нагрузках работы котла показали следующее, что наиболее экономично котел работает при впрыске влаги с давлением от 2 до 3 ати и давлением распыливающего агента 3 ати. Максимальное снижение выбросов окислов азота доходит до 70 %, при этом повышение КПД котла составляет в среднем 1,7 % за счет снижения температуры отходящих дымовых газов.

Использование газогенераторов для получения газа из бытового мусора с последующим использованием газа в топках котлов позволяет снизить расход основного топлива и уменьшить выброс окислов азота и канцерогенных веществ<sup>[3]</sup>. Это особенно актуально для районов крайнего Севера, с вечно мерзлыми грунтами, где рекультивацию полигонов невозможно осуществить. Данное решение позволяет уменьшить количество полигонов (рационально использовать земли, прилегающие к крупным городам) и утилизировать бытовой мусор.

ООО «Балткотломаш» разработаны и изготовлены установки по газификации бытового мусора, которые эффективно обезвреживают твердый бытовой мусор.

Для животноводческих крупных хозяйств перспективно получение биогаза из отходов животноводства и использование его в котлах малой энергетики для получения тепловой энергии. В результате переработки отходов животноводства дополнительно получается кроме биогаза и качественное удобрение, которые можно реализовывать и получать прибыль. Указанные проекты реализованы и находят все большие применения.

На всех котельных целесообразно внедрение систем автоматики регулирования процесса сжигания топлива. Это является одним из наиболее эффективных и быстро окупаемых способов повышения эффективности использования топлива в котельных и других топливоиспользующих агрегатах.

### Список литературы

1. Сигал И.Я. «Защита воздушного бассейна при сжигании топлива». Л., Недра, 1977. 294 с.
2. Шуркин, Е.Н. Исследование и разработка комбинированных горелок с акустическими излучателями [Текст]: Автореф. дис. канд. техн. наук / Е.Н. Шуркин. – Москва, 1980. – 20 с.
3. Кузьмин И.А., Тимербаев Н.Ф., Шафиков И.А., Садртдинов А.Р. Утилизация отходов муниципального хозяйства для целей энергетики./ Энергетика Татарстана.- 2009-№2-с. 58-61.
4. Корягин В.А. Сжигание водотопливных эмульсий и снижение вредных выбросов. Санкт-Петербург, Недра, 1995. 304с.
5. Худокормов. Н.Н, Кривоногов Б.М., Тиньков А.В., Качанов А.Н.К вопросу о новом способе повышения эффективности и качества сжигания топлива / Сб. Энерго- и ресурсосбережение XXI век. Сборник материалов V Международной научно-практической интернет-конференции. Орел: Издательский дом «ОРЛИКиК», 2007. – С. 65-71.
6. А.С. № 1255810 СССР. Ротационная форсунка. // Оpubл. в БИ 1986, № 33. – 4 с, Авторы- Хоничев Ю.В., Авласевич А.И., Безруких В.Ю.



7. Кривоногов. Б.М., Худокормов Н.Н, Берлинская Л.М. «Интенсификация методов обезвреживания жидких и газовых выбросов при сжигании топлива». В сборнике «Экономия энергоресурсов в системах теплогазоснабжения и вентиляции» Л., ЛИСИ, 1987.



## **ПОВЫШЕНИЕ КРИТЕРИЕВ НАДЕЖНОСТИ И ЖИВУЧЕСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

**Баталова В.М.**

**научный руководитель д-р техн. наук Липовка Ю.Л.**

*Сибирский федеральный университет*

Система теплоснабжения относится к системам, обслуживающим человека, поэтому её отказ влечет за собой множество неприятных последствий. В соответствии с Федеральным законом №190 от 27 июля 2010 года «О теплоснабжении», одной из основ государственной политики в сфере теплоснабжения является обеспечение надежности систем теплоснабжения.

Однако нормативные документы не дают достаточной информации по методике оценки надежности систем и не поясняют, как рассчитываются те или иные показатели.

В соответствии с<sup>[1]</sup>, надежность теплоснабжения - это характеристика состояния системы теплоснабжения, при котором обеспечиваются ее качество и безопасность. Другими словами, это способность системы распределять энергию между потребителями с соблюдением требуемых параметров и в необходимом количестве в течение времени эксплуатации.

Одним из способов создания надежной системы теплоснабжения является повышение качества элементов, из которых она состоит (трубопроводов, задвижек и т.д.). Этот способ реализуют при конструировании и приемке элементов и узлов в эксплуатацию. За годы эксплуатации сетей значительная их часть приходит в негодность, что существенно снижает надежность системы. Применение антикоррозийного покрытия ненадлежащего качества приводит к коррозии трубопровода – основной причине повреждения сетей. К снижению надежности по причине коррозии, кроме того, приводит использование трубопроводов с недостаточной толщиной стенки. Некачественная гидроизоляция строительной конструкции каналов приводит к попаданию влаги через неплотности в железобетонных конструкциях<sup>[2]</sup>.

Когда технические или экономические возможности по улучшению качества элементов сети исчерпаны, применяется другой способ – резервирование, как правило применяющийся в тех случаях, когда необходимо, чтобы надежность системы теплоснабжения была выше надежности ее элементов.

Надежность системы теплоснабжения является комплексным понятием, которое включает в себя следующие свойства:

- живучесть;
- долговечность;
- ремонтпригодность;
- безотказность;
- режимная управляемость.

Под живучестью понимается способность системы сохранять свою работоспособность даже в аварийных ситуациях и при экстремальных условиях (например, при понижении температуры наружного воздуха ниже расчетной температуры на отопление). Основным условием живучести является непрекращающаяся циркуляция теплоносителя, т.е. недопущение его замерзания. Для этого необходимо предусмотреть ряд следующих мероприятий: снижение теплотерь трубопроводов до минимума; подогрев тепловых сетей в период ремонтно-восстановительных работ; использование оборудования, устойчивого к замерзанию;

обеспечение непрерывного движения воды в теплопроводах; определение с помощью теплотехнического расчета точного времени замерзания трубопровода, для проведения ремонтных работ.

Безотказностью системы теплоснабжения считается способность системы сохранять работоспособность в течение срока службы. С увеличением срока службы, параметр потока отказов (количественный показатель, характеризующий безотказность) возрастает. На величину этого показателя влияет конструкция теплопровода, толщина стенки трубы, качество металла, условия укладки, а так же качество и срок эксплуатации теплопроводов.

Под ремонтпригодностью понимается способность восстановления работоспособности участка сети путем проведения ремонтно-восстановительных работ. Показатель ремонтпригодности можно значительно увеличить путем оснащения теплоснабжающей организации современными машинами и механизмами, позволяющими в короткие сроки производить качественный ремонт.

Отказ элемента влечет за собой отказ системы, если она нерезервированная; у резервированных систем отказ приводит к изменению гидравлического режима работы. Отказами считаются такие повреждения сети, которые приводят к необходимости их немедленного отключения.

Поток отказов – это последовательность повреждений на элементах тепловой сети. Он характеризуется параметром потока отказов  $\omega$ , 1/год.

Вероятность  $m$  отказов за время  $t$  определяется по следующей формуле<sup>[3]</sup>:

$$P_m(t) = \frac{(\omega \cdot t)^m}{m!} \cdot e^{-\omega t}. \quad (1)$$

Параметр потока отказов теплопроводов  $\omega$ , 1/год, обычно относят к 1 км длины. В этом случае

$$\omega = \omega_T \cdot l, \quad (2)$$

где  $\omega_T$  — параметр потока отказов теплопровода, отнесенный к 1 км, 1/(км·год);  $l$  — длина теплопровода, км.

Параметр потока отказов  $\omega$  – есть частота отказов в единицу времени.

Величину  $T$ , обратную параметру потока отказов, т. е.  $T = 1/\omega$ , измеряемую в годах, называют наработкой на отказ. Величина  $T$  — это среднее время работы элемента между отказами.

На сегодняшний день основными методами, повышающими надежность системы теплоснабжения являются: комплексная реконструкция сетей с использованием теплопроводов заводской готовности; обязательное проведение предпусковых испытаний в полном объеме с использованием трубопроводов только заводского качества; абсолютный контроль стыковых соединений на трубопроводах, превышающих 300 мм.; отказ от сальниковых компенсаторов в пользу компенсаторов сифонного типа; оснащение сетей средствами стационарной диагностики и дистанционного управления; постоянный мониторинг тепловых сетей на предмет увлажнения изоляции теплопроводов, а так же отвод случайных вод.

### Список литературы

1. Федеральный закон №190 «О теплоснабжении» [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://rg.ru/2010/07/30/teplo-dok.html>
2. Ионин А.А. Надежность систем тепловых сетей. - М.: Стройиздат, 1989
3. Сеннова Е.В., Кирюхин С.Н. Методика и алгоритм расчета надежности тепловых сетей при разработке схем теплоснабжения городов [электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.rosteplo.ru/Npb\\_files/npb\\_shablon.php?id=1590](http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=1590)



## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ БЕСКАНАЛЬНЫХ ТЕПЛОПРОВОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТАРТОВЫХ КОМПЕНСАТОРОВ

Белиловец В.И., Пальчиков П.А.

научный руководитель д-р техн. наук Липовка Ю.Л.

*Сибирский федеральный университет*

Для компенсации температурных деформаций теплопроводов широко распространены радиальные П, Г-образные компенсаторы. Однако в современных конструкциях тепловых сетей применяются преимущественно стартовые и осевые сильфонные компенсаторы. Применение стартовых компенсаторов предоставляет возможность проектирования теплопроводов в виде длинных прямых участков. Температурные напряжения на этих участках компенсируются осевыми напряжениями растяжения-сжатия теплопроводов. После монтажа стартовых компенсаторов осуществляется растяжка трубопровода до температуры замыкания. После срабатывания стартового компенсатора (сжатия) завариваются ограничительные кромки на компенсаторе, и трубопровод превращается в неразрезную конструкцию<sup>[1]</sup>. Таким образом, стартовые компенсаторы срабатывают только один раз.

Размах напряжений теплопровода при переходе из холодного состояния в рабочее и обратно можно определить по формуле<sup>[2]</sup>:

$$\Delta\sigma = \alpha(T_r - T_h)E, \quad (1)$$

где  $\alpha$  – коэффициент линейных температурных расширений;  $T_r$  – температура теплопровода в рабочем состоянии;  $T_h$  – температура теплопровода в холодном состоянии;  $E$  – модуль упругости материала теплопровода.

Размах температурных напряжений является частью диапазона допускаемых напряжений, равного удвоенному допускаемому напряжению. Оставшаяся часть диапазона приходится на обеспечение сил трения скольжения трубопровода о грунт, возникающих в процессе термического натяжения и продолжающих действовать некоторое время после его окончания в виде сил трения покоя  $\sigma_{тр}$ . Для предельного состояния можно записать следующее равенство:

$$2\sigma_{доп} = \Delta\sigma + \sigma_{тр}. \quad (2)$$

Максимальное расстояние прямого участка от стартового компенсатора до неподвижной опоры или зоны заземления можно определить по формуле:

$$L_{max} = \frac{F_{ст} \cdot \sigma_{тр}}{q_{тр}}, \quad (3)$$

где  $F_{ст}$  – площадь поперечного сечения стенки трубы;  $q_{тр}$  – сила трения, приходящаяся на единицу длины трассы.

Стартовый компенсатор примыкает к двум участкам, каждый из которых равен расстоянию от компенсатора до неподвижной опоры или зоны заземления. Таким образом, расстояние между стартовыми компенсаторами будет определяться как  $2L_{max}$ .

Рассмотрим схему расположения стартового компенсатора на участке теплопровода в прямке

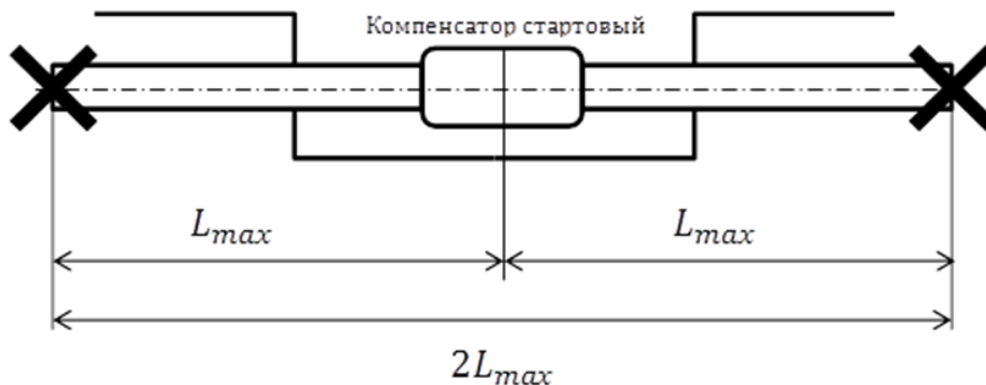


Рис.1 – Схема расположения стартового компенсатора на участке

Силу трения, приходящуюся на единицу длины трассы, можно вычислить по следующей формуле:

$$q_{\text{тр}} = \mu \left[ (1 - 0,5 \sin \varphi_{\text{гр}}) \gamma_{\text{гр}} \cdot Z \pi D_o + g \right], \quad (4)$$

где  $\mu$  – коэффициент трения трубной оболочки о грунт;  $\varphi_{\text{гр}}$  – угол внутреннего трения грунта;  $\gamma$  – объемный вес грунта;  $Z$  – глубина заложения теплопровода;  $D_o$  – наружный диаметр кожуха изоляции;  $g$  – вес теплопровода с изоляцией и теплоносителем, приходящийся на единицу его длины.

Если стартовые компенсаторы ставятся на разном расстоянии друг от друга, то осевые напряжения могут возрасти по сравнению с результатами расчета по вышеприведенным формулам.

Температуру замыкания стартовых компенсаторов можно вычислить по следующей формуле:

$$T_z = \frac{T_r - T_h}{2}. \quad (5)$$

Температура замыкания, вычисленная по формуле (5), позволяет обеспечить одинаковый температурный перепад при охлаждении и нагреве теплопровода.

Величину сжатия стартового компенсатора в момент замыкания можно вычислить по следующей формуле<sup>[3]</sup>:

$$\delta = 2 \left[ \alpha (T_z - T_m) L_{\text{max}} - \frac{q_{\text{тр}} L_{\text{max}}^2}{2EF_{\text{ст}}} \right], \quad (6)$$

где  $T_m$  – температура монтажа (рекомендуется принимать среднюю температуру стенок теплопровода непосредственно перед началом термического натяжения).

Коэффициент 2 в формуле (6) указывает на то, что стартовый компенсатор примыкает к двум участкам теплопровода, длиной  $L_{\text{max}}$ .

Протяженные участки бесканальных теплопроводов следует проверять по условию сохранения устойчивости труб на продольный изгиб. Кроме этого, расчеты на устойчивость необходимы при проектировании бескомпенсаторных теплопроводов, в первую очередь для обратных труб<sup>[4]</sup>. Устойчивость бесканальных теплопроводов существенно выше, чем надземных или канальных теплопроводов, за счет сил противодействия грунта. Критическое усилие, при котором неразрезной теплопровод теряет устойчивость, можно определить по формуле:

$$P_{\text{кр}} = \frac{1,1N^2}{EJ} \cdot 100i \quad (7)$$

где  $N$  – осевое сжимающее усилие в трубе;  $E$  – модуль упругости материала трубы;  $J$  – момент инерции поперечного сечения стенки трубы;  $i$  – начальный изгиб трубы, определяемый по формуле:

$$i = \frac{L_i}{200}, \quad (8)$$

где  $L_i$  – длина местного изгиба теплопровода, определяемая по формуле:

$$L_i = 0,1\pi \sqrt{\frac{EJ}{|N|}}, \quad (9)$$

где  $|N|$  – абсолютное значение величины осевого сжимающего усилия в трубе.

Вертикальная нагрузка, оказывающая стабилизирующее влияние определяется по формуле:

$$R_{st} = g_{gr} + g_{tr} + 2S_{sd}, \quad (10)$$

где  $g_{gr}$  – вес грунта над теплопроводом;  $g_{tr}$  – вес 1 м теплопровода с водой;  $S_{sd}$  – сдвигающая сила, возникающая в результате давления грунта в состоянии покоя, определяемая по формуле:

$$S_{sd} = 0,5\gamma Z^2 K_0 tg \varphi_{tr}, \quad (11)$$

где  $\gamma$  – удельный вес грунта;  $Z$  – глубина засыпки по отношению к оси трубы;  $K_0$  – коэффициент давления грунта в состоянии покоя ( $K_0 = 0,5$ );  $\varphi_{tr}$  – угол внутреннего трения грунта.

Формула (11) справедлива, когда уровень стояния грунтовых вод ниже глубины заложения теплопровода. Вес грунта над теплопроводом можно определить по формуле:

$$q_{gr} = \gamma \left( ZD_o + \frac{D_o^2 \pi}{8} \right), \quad (12)$$

где  $D_o$  – наружный диаметр оболочки.

Осевое сжимающее усилие в заземленном грунтом прямом участке теплопровода с равномерно распределенной вертикальной нагрузкой можно определить по формуле:

$$N = -[F_{st}(E\alpha\Delta t - 0,3\sigma_{rast}) + PF_{pl}], \quad (13)$$

где  $F_{st}$  – площадь кольцевого сечения трубы;  $E$  – модуль упругости материала теплопровода;  $\alpha$  – коэффициент линейного температурного расширения трубы;  $\Delta t$  – температурный перепад;  $\sigma_{rast}$  – растягивающее окружное напряжение от внутреннего давления;  $P$  – внутреннее давление;  $F_{pl}$  – площадь действия внутреннего давления, определяемая по формуле:

$$F_{pl} = 0,785D_{вн}^2, \quad (14)$$

где  $D_{вн}$  – внутренний диаметр теплопровода.

Подведем выводы: 1) применение стартовых компенсаторов позволяет проектировать длинные прямолинейные бесканальные неразрезные участки теплопроводов; 2) сжатие стартового компенсатора не должно превышать максимальной длины его осевого хода; 3) протяженные прямые участки бесканального теплопровода необходимо проверять на предмет потери устойчивости.

### Список литературы

1. СП41-105-2002. Проектирование и строительство тепловых сетей бесканальной прокладки из стальных труб с промышленной тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке, Госстрой России, ГУП ЦПП. - М.: 2003.
2. А.А. Лямин, А.А. Скворцов Проектирование и расчет конструкций тепловых сетей / А.А. Лямин, А.А. Скворцов. – М.: Издательство литературы по строительству, 1965. – 293 с.
3. А.А. Николаев Справочник проектировщика / А.А. Николаев. – М.: Издательство литературы по строительству, 1965. – 359 с.
4. Н.К. Громов и др. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию / Н.К. Громов и др. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 376 с.





## АКТУАЛЬНОСТЬ ЗАКОЛЬЦОВАННЫХ МАГИСТРАЛЕЙ И ИЕРАРХИЧЕСКОГО ДЕЛЕНИЯ СЕТЕЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Бугай А. В.

научный руководитель к.т.н. Пьяных А.А

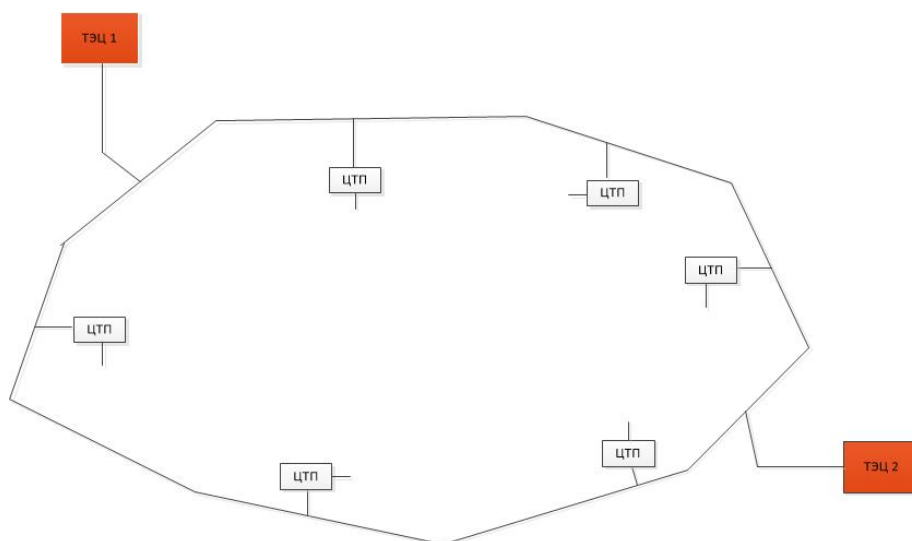
Сибирский федеральный университет

Теплоснабжение для нашей страны играет важную роль для жизнедеятельности и работоспособности населения. Вследствие отключения тепловой энергии по причине аварийной ситуации или выхода из строя того или иного элемента системы теплоснабжения переохлаждение организма человека наносит непоправимый ущерб здоровью<sup>[1]</sup>. Так, в январе 2015 года в Дудинке во время аварийного отключения котельной №7 люди остались без отопления при температуре наружного воздуха – 20 °С.

Для бесперебойной работы систем теплоснабжения необходимо учитывать не только надежность тепловых сетей, но и работу источника тепловой энергии, поэтому главной задачей можно считать разработку методов анализа риска аварий и его оценки.

В крупных городах России для централизованных источников тепла таких как теплоэлектроцентрали и котельные характерны большие тепловые нагрузки<sup>[2]</sup>. В быстро развивающемся городе строительство новых сооружений требует подключения к централизованным источникам тепла, однако строительство новых котельных как правило не планируется. Вследствие этого происходит увеличение выработки тепловой энергии, и работа котельных осуществляется на пределах своих возможностей. При отказе от котельных к более укрупненным тепловым источникам нагрузки уменьшатся, однако вероятность отключения теплоснабжения из-за аварийной ситуации не исчезает. Из этого следует необходимость в резервировании источников. То есть подключение к закольцованной магистрали двух источников, которые способны заменить друг друга при необходимости<sup>[3]</sup>.

Пример присоединения источников показан на рисунке 1.



**Рис.1 – Замкнутая магистраль с двумя источниками теплоснабжения**

Помимо резервирования второго источника необходимо произвести классификацию потребителей по степени нагрузки на источник, составить иерархическое деление сетей и по такому же принципу разделить нагрузки между теплоэлектроцентралями и котельными<sup>[4]</sup>:

- Составить ситуационный план населенного пункта или района;
- Смоделировать электронные схемы подключения абонентов к источникам;
- Распределить нагрузки между источниками тепловой энергии.

После этих действий возможна более точная оценка ситуации с энергопотреблением и дальнейшее ее распределение разным группам потребителей<sup>[5]</sup>.

Для создания планов и моделирования электронных схем можно использовать такое программное обеспечение как геоинформационную систему, разработанную российскими разработчиками, QGIS, предназначенную для создания карт и планов с возможностью нанесения на них схем теплосетей<sup>[6]</sup>.

Это так же поспособствуют экологической обстановке в жилых районах населенных пунктов, так как максимально потребляющие абоненты будут подключены к более крупным источникам чем котельные микрорайонов, в следствие чего снизится количество вредных выбросов в окружающую среду, что в дальнейшем скажется на здоровье жителей, их генетике.

### Список литературы

1. Инженерное оборудование зданий и сооружений. Централизованные системы теплоснабжения [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-144-4/89.htm>

2. Инженерная энциклопедия. Централизованные системы теплоснабжения [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://engineeringystems.ru/c/centralizovannaya-sistema-teplosnabjeniya.php>

3. Информационная система по теплоснабжению. Анализ режимов работы систем теплоснабжения объектов коммунальной энергетики [электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=3121](http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=3121)

4. Прохоренков А.М.; Качала Н.М. ФГБОУ ВПО «Мурманский государственный технический университет», Мурманск Журнал Фундаментальные исследования. – 2012. – № 9 (часть 3) – С. 672-677

5. Оптимизация режимов работы систем теплоснабжения объектов коммунальной энергетики методами ситуационного управления.

6. Козлитин П. А., Журнал Вестник Саратовского государственного технического университета Выпуск № 1 (44) / том 1 / 2010 Коды ГРНТИ: 81 — Общие и комплексные проблемы технических и прикладных наук и отраслей народного хозяйства УДК: 621.644.8:504.05 [электронный ресурс]. Режим доступа: Научная библиотека КиберЛенинка: <http://cyberleninka.ru/article/n/metody-nechetkogo-analiza-riska-avariy-v-sistemah-teplosnabzheniya#ixzz459vVwKqn>



**ПРИМЕНЕНИЕ АГЕНТНО – ОРИЕНТИРОВАННЫХ РАСПРЕДЕЛЕННО –  
УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ  
СИСТЕМ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

**Буров В.А, Стехин В.П.**

**научный руководитель Суворов А.Н.**

*Сибирский федеральный университет*

Традиционно при разработке систем управления применяются централизованные, построенные в виде дерева узлов, системы мониторинга и управления. Это обуславливается относительной простотой их реализации. В последнее время в виду постоянного усложнения систем управления и роста количества обрабатываемых, данных все чаще возникает необходимость в применении распределенных систем с не иерархической, распределенной архитектурой.

Наиболее известной и распространенной децентрализованной, отказоустойчивой системой управления в настоящее время являются операционная система ROS (Robot Operating System). и программная платформа EPICS. Управление здесь понимается как организация процесса пересылки данных (сигналов) и получение ответа от объектов управления. EPICS может служить, например, транспортным уровнем в РИУС, но не дает возможности и вариантов принятия решений, не предусматривает построения самоорганизующихся систем.

Для мониторинга и управления объектами промышленности и ЖКХ была создана концепция агентно - ориентированной распределенной информационно-управляющей системы (РИУС).

Задачами мультиагентной РИУС являются:

- 1) обеспечение взаимодействия агентов;
- 2) синхронизация данных/сигналов между узлами системы при большом количестве узлов;
- 3) реализация эвристических алгоритмов планирования, алгоритмов самоорганизации, алгоритмов выбора оптимального маршрута передачи данных;
- 4) обеспечение необходимого уровня безопасности как внутри узлов системы, так и при использовании открытых, публичных сетей и протоколов;
- 5) обеспечение возможности функционирования как в автономном режиме (без участия человека), так и в автоматическом, когда агенты РИУС представляет собой элементы экспертных систем и решение принимается без участия человека;
- 6) обеспечение работы РИУС как элемента «облачного сервиса».

Архитектура РИУС ориентирована на использование стандарта Posix. Система обмена данными построена с использованием пакетной передачей данных. При создании сети используются алгоритмы работы с неориентированными графами. Помимо стандартных служб операционной системы, реализован набор средств (агентов), при помощи которых разработчики решений смогут создавать прикладные системы управления. К таким средствам следует отнести интеллектуальные алгоритмы анализа данных, модули поддержки принятия решений, алгоритмы обработки больших объемов данных. Таким образом, РИУС позволяет реализовать распределенный (мультиагентный) принцип обработки информации, обеспечить низкоуровневое управление устройствами на основе стандарта IEC 61131-3 и отработанных средств операционных Unix-систем.

Применяя данную концепцию можно решать следующие задачи:

- 1) Построение систем управлением климат-контроля. (Системы вентиляции и

распределения тепла по зданиям/сооружениям), вплоть до отдельного помещения;

2) Мониторинг и управление ИТП, с автоматическим сбором информации с приборов учета;

3) Автоматизация различных инженерных систем;

4) Задачи потокораспределения (оптимизация распределения газо-воздушных масс, различных теплоносителей, водоснабжения).

Данную концепцию можно применить конкретно для следующих двух направлений:

Во время пожара в помещении, человек чаще всего погибает от отравления угарным газом. Во избежание гибели необходимо своевременно предупреждать возможность возгорания, задымления и скорость распространения пожара для эвакуации людей. В процессе пожара оператор аварийной системы не всегда может оперативно справиться с ситуацией, для этого и необходима автоматизированная децентрализованная система, объединяющая в себе инженерные системы дымоудаления, вытяжной вентиляции и аспирации<sup>[1]</sup>.

Существуют системы статического и динамического дымоудаления.

Суть статической системы заключается в отключении основной вентиляционной системы, для предотвращения распространения огня и дыма через каналы вентиляции.

Динамическая система направлена на удаление ядовитых соединений в процессе сгорания через вентиляторы.

На группу помещений устанавливается локальная автоматизированная система дымоудаления, которая состоит из датчиков (температуры, влажности, углекислого газа, давления, движения), исполнительных механизмов: задвижек, вентиляторов и элементов системы управления, принятия решений и обмена данными с другими узлами информационно-управляющей системы: набора контроллеров. Программные агенты контроллеров обмениваются данными (сигналами) и управляют механическими приборами дымоудаления и оповещения людей, создавая тем самым нужные параметры для эвакуации людей, в том месте здания, где это необходимо. А также в центр управления на пульт оператора, который может по ситуации принимать ответственные решения. При этом, центр управления и пульт оператора являются такими же узлами системы, как и контроллеры.

Создаваемая единая система имеет меньшую, по сравнению с существующими, зарубежными образцами стоимость и высокую надежность.

Из преимуществ: позволяет исключить человеческий фактор в работе системы под ручным управлением, автоматически оповещать людей о пожаре, сообщать в пожарную часть, локализовано работать, не прекращая нормальную работу систем вентиляции в остальном здании.

Новая система позволяет применять меры предотвращения задымления, непосредственно в месте локализации пожара. Автоматически поддерживать необходимые параметры микроклимата в помещении для замедления распространения дыма и огня. Быстро и оперативно реагировать на нештатные ситуации.

На сегодняшний день трудно представить инженерные системы, такие как, отопление, вентиляция и кондиционирование без автоматики.

Автоматическая система отопления, вентиляции и кондиционирования позволяет эффективно управлять, мгновенно регулировать и периферийно отслеживать, собирать и хранить данные о работе инженерных систем как объекта в целом, так и отдельных его элементов, находящихся в различных помещениях или разных частях самих систем.

Эти системы разрабатываются в целях повышения эффективности и безаварийной работы инженерных систем, механизмов и приборов, использующихся в них.

Автоматизация дает возможность: производить гибкое регулирование показателей микроклимата, что приводит к повышению надежности, увеличению срока службы самой системы. К плюсу можно отнести то, что человеческий фактор полностью исключен из процесса регулирования. Он выполняет только две функции: контроль и задание необходимых параметров<sup>[2]</sup>.

Объекты автоматизации инженерных систем:

- 1) Система отопления;
- 2) Система вентиляции;
- 3) Система кондиционирования.

Системы автоматического регулирования позволяют:

- 1) Контролировать параметры микроклимата (температуру, влажность, процент CO<sub>2</sub>, задымленность, ...);
- 2) Контролировать и изменять производительность вентиляционной установки;
- 3) Задать изменение параметров микроклимата по времени (можно запрограммировать инженерные системы на 4 времени года);
- 4) Контролировать качество поступающего воздуха;
- 5) Отслеживать состояние чистоты системы (фильтров) и, если это необходимо, задать интервал напоминая, о том, когда следует производить своевременное обслуживание системы;
- 6) Информировать о состоянии теплоносителя (во избежание утечек, например, из системы отопления);
- 7) Производить контроль за оборудованием;
- 8) Защищает от выхода системы/элементов системы из режимов штатной работы.

### Список литературы

1. Автоматизированная децентрализованная система вытяжной вентиляции [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.avok.ru/blogs4787/>
2. Автоматизированная децентрализованная система климат-контроля [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.avok.ru/blogs41122/>



## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В СИБИРИ

Гардашова А.Р.

научный руководитель канд. техн. наук Смольников Г.В.

*Сибирский федеральный университет*

Системы солнечного теплоснабжения (ССТ) становятся все более популярными во многих странах мира. Особенно впечатляют успехи солнечной теплоэнергетики в Европе, где ежегодный прирост оборота отрасли в течение последних десяти лет составлял 11–12%.

Общая площадь солнечных коллекторов (СК), установленных к настоящему времени в европейских странах, составляет более 11 млн м<sup>2</sup>, а в среднем по странам Европейского сообщества – 26 м<sup>2</sup> на 1000 жителей.

Мировой опыт применения СК показывает, что солнечные системы теплоснабжения могут быть эффективными и надежными для обеспечения горячего водоснабжения и отопления жилых и общественных зданий, подогрева воды в бассейнах и даже солнечного кондиционирования и опреснения воды.

Под солнечным теплоснабжением понимается использование солнечной энергии для обеспечения горячего водоснабжения и отопления в жилищно-коммунальной, бытовой или производственной сферах.

Режимы работы солнечных установок следующие:<sup>[1]</sup>

- 1) участие в покрытии нагрузки отопления и ГВС (режим теплоснабжения);
- 2) участие в покрытии нагрузки только ГВС в течение всего года (режим круглогодичного горячего водоснабжения);
- 3) участие в покрытии нагрузки только ГВС и только в неотапительный период (режим сезонного горячего водоснабжения).

Первые два режима требуют исполнения установки по двухконтурной схеме, когда в первом коллекторном контуре теплоносителем является антифриз, а тепло к потребителю в бак-аккумулятор (БА) отводится через теплообменник. Сезонные установки могут быть и одноконтурными, заполненными водой.

Как же обстоят дела с созданием систем солнечного теплоснабжения в России в настоящее время? Перед тем как рассматривать конкретные схемы солнечных систем, необходимо уточнить, пригодны ли вообще климатические условия России для их создания и развития и какие комплексы наиболее перспективны в наших условиях.

Анализ расчетных результатов, позволяет сделать следующие выводы по применению солнечных установок в России.

При использовании солнечной установки в режиме теплоснабжения, то есть при участии ее в покрытии нагрузки отопления и ГВС, площадь СК должна составлять не менее 0,4 от отапливаемой площади для достижения коэффициента замещения годовой тепловой нагрузки по большинству пунктов 0,25–0,40. В этом режиме удельная среднегодовая теплопроизводительность установки невелика вследствие недоиспользования ее тепловой мощности в летнее время. Поэтому применение солнечных установок в данном режиме в большинстве районов России (ее европейской части, Западной и Средней Сибири) нецелесообразно.

Использование солнечной установки в режиме круглогодичного ГВС обеспечивает высокие значения удельной теплопроизводительности, следовательно, и удельной годовой экономии топлива, так как в этом режиме тепловая мощность установки используется наиболее полно. Естественно, что более высокая годовая

теплопроизводительность достигается в климатически наиболее благоприятных районах, таких как южная часть европейской территории РФ (южнее Самары), южная часть Западной и Средней Сибири, Забайкалья и Дальнего Востока. В целом использование солнечных установок в данном режиме с той или иной степенью эффективности может быть рекомендовано повсеместно южнее 60° с. ш. как в европейской, так и в азиатской части России. Рекомендуемая площадь СК составляет при этом 1,0–1,5 м<sup>2</sup> на одного человека.

Использование солнечных установок в режиме сезонного ГВС имеет существенное преимущество с точки зрения простоты схемы (используется одноконтурная схема без промежуточного теплообменника, нет необходимости в применении антифриза и т. п.), но связано со снижением удельной теплопроизводительности в сравнении с режимом круглогодичного ГВС. Это снижение, естественно, тем больше, чем короче неотапительный период, то есть время использования установки в годичном цикле. Применение солнечных установок в режиме сезонного ГВС нецелесообразно там, где неотапительный период составляет менее пяти месяцев. Рекомендуемая площадь СК в данном режиме составляет 1 м<sup>2</sup> на одного человека.

На основании анализа материалов, можно сделать вывод, что наиболее применимой в условиях России является солнечная установка, действующая в режиме сезонного или круглогодичного горячего водоснабжения.

Традиционной схемой большинства ССТ является схема с использованием солнечных коллекторов (СК) с аккумуляцией полученной энергии в баке-накопителе.

Обычно такие солнечные системы представляют собой комплект, состоящий из следующих основных элементов:

- 1) солнечный коллектор;
- 2) система опор для крепления СК на крышах (наклонных или плоских) или стенах;
- 3) бак-аккумулятор со встроенными теплообменниками;
- 4) циркуляционный насос с комплектом измерительных приборов и клапанов;
- 5) мембранный бак для компенсации теплового расширения теплоносителя коллекторного контура;
- 6) блок управления работой насоса с датчиками температуры;
- 7) трубопроводы с теплоизоляцией;
- 8) запорно-регулирующая и предохранительная арматура;
- 9) фитинги;
- 10) теплообменники (для использования в комплекте с БА больших объемов).

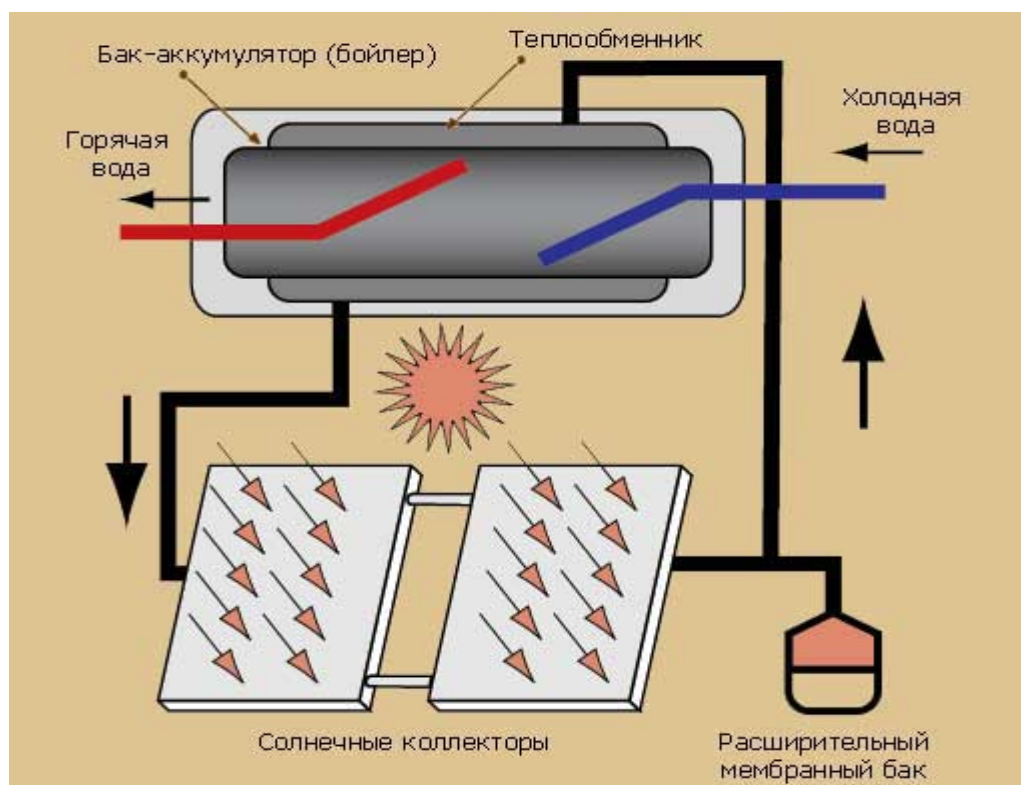
По техническому решению системы солнечного теплоснабжения могут быть одноконтурными и двухконтурными.

В 1970–80-х годах большинство солнечных водонагревательных систем как в нашей стране, так и за рубежом, были одноконтурными, то есть системами прямого нагрева водопроводной (сетевой) воды. Опыт эксплуатации показал, что при всей простоте и кажущейся дешевизне эти системы достаточно проблематичны в эксплуатации и имеют меньший срок службы в сравнении с двухконтурными системами, включающими промежуточный теплообменник между СК и БА.

По мере расширения применения солнечных систем также произошел постепенный переход от повсеместного применения «моноблоков» и небольших водонагревателей (с термосифонным движением теплоносителя через СК) к двухконтурным системам с принудительной насосной циркуляцией. Такая схема системы позволяет размещать БА в любом удобном месте здания. В настоящее время большая часть солнечных систем в Европе устроена по этому принципу.



Учитывая климатические условия России, ясно, что это должна быть двухконтурная система, где в коллекторном контуре циркулирует незамерзающий теплоноситель (рисунок 1).



**Рис.1 – Принципиальная схема двухконтурного термосифонного солнечного водонагревателя**

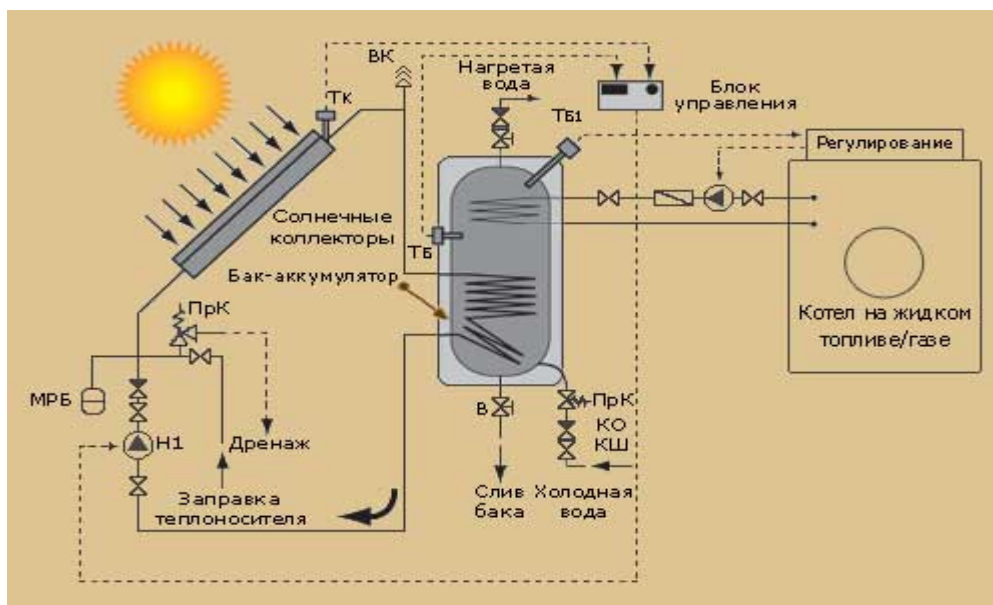
Наиболее распространенной в Европе системой, применяемой сегодня для ГВС индивидуальных жилых зданий (коттеджей), является двухконтурная система с принудительной циркуляцией в коллекторном контуре теплоносителя-антифриза.

Принципиальная схема такой системы не зависит от ее производительности и места установки.

За рубежом для односемейных домов обычно используются БА объемом от 300 до 700 л, а площадь СК выбирается в зависимости от климатических условий пропорциональной требуемому объему БА и экономически обоснованной длительности сезона работы системы.

Рассмотрим подробнее принципиальную схему двухконтурной системы солнечного теплоснабжения, которая представлена на рисунке 2.





**Рис.2 – Принципиальная схема системы солнечного водоснабжения**

Коллекторный контур системы является замкнутым и заполняется каким-либо незамерзающим и нетоксичным теплоносителем. Коллекторы устанавливаются, как правило, на кровле здания<sup>[2]</sup>.

Нагретый в СК теплоноситель проходит через опускной трубопровод и поступает в нижний теплообменник БА, где охлаждается, передавая тепло расходной воде бака. После выхода из бака теплоноситель по трубопроводу поступает через насос в нижнюю часть СК.

Верхний теплообменник БА подключен к отопительному котлу, соединенному с отопительной системой здания. Циркуляция горячей воды из котла для нагрева БА осуществляется с помощью отдельного насоса.

Отбор расходной горячей воды из БА выполняется в верхней точке бака подачей снизу в бак холодной воды (то есть всегда расходуется самая горячая вода, имеющаяся в баке). Эта вода по магистрали подается к точкам отбора. Для обеспечения постоянного наличия в точках отбора горячей воды в систему может быть включена циркуляционная магистраль со своим насосом. Фактически БА всегда находится под давлением водопроводной сети.

Включение циркуляционного насоса коллекторного контура производится блоком управления, который по своей функции является дифференциальным реле, сравнивающим показания двух датчиков температуры: датчика, установленного на выходе теплоносителя из СК, и датчика, установленного в БА. Если температура теплоносителя на выходе из СК выше, чем температура воды в баке, то включается циркуляционный насос и тепло передается воде в баке<sup>[3]</sup>.

Многие зарубежные блоки управления имеют функции защиты установки от перегрева. Так, если температура СК превышает установленный уровень, то блок управления принудительно включает насос, пока температура коллекторов не понизится на 10°C, несмотря на то что сам бак будет разогреваться выше установленной предельной температуры. Но при достижении в баке максимальной температуры 95°C насос выключается обязательно.

Для того, чтобы приблизительно оценить эффективность солнечных водонагревателей или коллекторов в зависимости от места установки и времени года необходимо выполнить определенные расчеты.

В результате расчетов установлено, что для г. Красноярска в январе солнечный водонагреватель НМ-16х21/58 стоимостью 25000 рублей позволяет нагреть 100 литров воды до температуры 42 °С. Экономия электроэнергии составляет 2399 кВт в год (3910 рублей).

Пример: Солнечный водонагреватель НМ-16х21/58.

Январская месячная сумма солнечной энергии в г. Красноярске (широта 56°С.Ш.) при угле установки 45град. – 72,2 кВт\*ч/кв.м.

Рабочая площадь солнечного водонагревателя модели НМ-16х21/58 –  $(58*2100*16*1,3)/1000000=2,4$ кв.м.

Средняя дневная энергия  $72,2/30*(2,4*0,8)=4,62$ кВт\*ч.

Таким образом, 100 литров воды нагреются за день на  $4,62/(0,0011*100)=42$ градуса.

Т.е. в г. Красноярске эксплуатация солнечного водонагревателя круглый год не возможна.

Схожим образом можно оценить срок окупаемости солнечного водонагревателя:

$1160,2(\text{суммарная годовая энергия}) * 2,4(\text{рабочая площадь}) * 0,8(\text{КПД}) = 2227$  кВт\*ч.

При стоимости кВт\*ч - 1,65 руб., экономия составит 3674 руб. в год. Значит, солнечный водонагреватель стоимостью 25000руб. окупится за 7 лет.

**Выводы.** Применение систем солнечного теплоснабжения в условиях г. Красноярска возможно в основном в системах горячего теплоснабжения. Применять данные системы можно круглый год, но при условии наличия дополнительного источника энергии в случае пиковой нагрузки или недостаточности солнечной энергии.

#### Список литературы

1. Тарнижевский Б.В. Оценка эффективности применения солнечного теплоснабжения в России. // «Теплоэнергетика» № 5, 1996.–С. 15–18.

2. ВСН 52-86 «Установки солнечного горячего водоснабжения. Нормы проектирования». // Госгражданстрой СССР, 1987.

3. Бекман У., Клейн С., Даффи Дж. Расчет систем солнечного теплоснабжения.– М.: Энергоиздат, 1982.



## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ СОЗДАНИЯ МИКРОКЛИМАТА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОМОВ

Демидов И.С.

научный руководитель канд. техн. наук Смольников Г.В.

*Сибирский федеральный университет*

Необходимый воздухообмен возможен без контролируемой системы вентиляции только при регулярном проветривании, т.е. при открывании окон полностью. Чтобы достичь кратности воздухообмена 0,33, необходимо полностью открывать окна каждые 3 часа на 5-10 минут, и даже ночью. Если проветривание осуществляется редко, то качество воздуха становится плохим и существует опасность выпадения конденсата. Наоборот, если проветривается часто, то воздух становится сухим и возникает повышенное энергопотребление. Снижение влажности воздуха в квартире - это цель вентиляции, т.к. слишком высокая влажность приводит к повреждению и нарушению строительных конструкций. Воздух не должен быть также слишком сухим. Требуемая влажность воздуха является не единственной причиной, почему необходим достаточный воздухообмен. Загрязнение воздуха в помещении, например, радиоактивным инертным газом радоном, должно быть снижено с помощью притока свежего воздуха до уровня, который не угрожает здоровью человека.

Задача комфортной вентиляции заключается в регулярном поступлении необходимого количества свежего воздуха в помещение. Простым решением этой проблемы является система вытяжной вентиляции, которая отводит использованный и влажный воздух из кухни, туалета и ванной комнаты. При этом свежий (зимой холодный) воздух поступает в помещение через приточный диффузор (плафон). Эти простые системы уже распространены во Франции, а в Швеции уже накоплен 50-ти летний опыт использования вытяжных систем вентиляции. Для пассивных домов эта простая система вентиляции является непригодной, т.к. в помещении по-прежнему поступает холодный воздух, и потери на нагрев воздуха очень высоки<sup>[1]</sup>. Поэтому, во-первых, необходима соответствующая высокая тепловая нагрузка с теплоотдачей в непосредственной близости от приточного диффузора и, во-вторых, годовое потребление тепловой энергии на отопление будет тогда вдвое больше, чем в пассивном доме.

Систематические исследования в домах показали, что корректное распределение притока свежего воздуха во все необходимые комнаты и гарантированную вытяжку воздуха из влажных помещений лучше всего осуществлять с помощью контролируемой приточно-вытяжной вентиляции<sup>[2]</sup>. При этом свежий приточный воздух будет целенаправленно поступать в гостиные, рабочие, детские и спальные комнаты. В каждой из этих комнатах имеется минимум по одному приточному диффузору. Аналогично вытяжной вентиляционной установке, приведенной выше, в пассивном доме отработанный воздух отводится из кухонь, ванных комнат, туалетов и других помещений. Там имеются соответственно вытяжные диффузоры. В квартире устанавливается направленный поток воздуха: свежий воздух поступает сначала в жилые комнаты (зона приточного воздуха). Потом воздух перетекает в переходную зону (коридоры, внутриквартирные лестничные клетки) и далее в зону вытяжного воздуха. В зоне вытяжного воздуха преобладает относительно высокий воздухообмен, поэтому там, например, быстро сохнут полотенца. Благодаря этому основному принципу (направленного потока воздуха) свежий воздух будет использован оптимально. Сначала очень чистый воздух поступает в жилые помещения, поглощает

загрязнения из переходных зон (например, запахи от одежды) и в конце удаляет влагу из влажных помещений.

С помощью приточно-вытяжной вентиляции возможно в настоящее время вернуть тепло из отработанного вытяжного воздуха. Например, в Германии в квартирах теплопотери от вентиляции (при обеспечении требуемой вентиляции) составляют от 20 до 30 кВт·ч/(м<sup>2</sup>год). Для пассивного дома этот показатель очень высокий. Применяя современные теплообменники (рекуператоры) можно вернуть от 75 до 95% тепла из вытяжного воздуха. Эти высокоэффективные приборы были специально разработаны для использования в пассивных домах. Они обеспечивают также безупречное разделение потоков с удаляемым и свежим воздухом, потребляют очень мало электроэнергии и работают очень тихо.

При применении высокоэффективной рекуперации тепла потребность в теплоте на нагрев приточного воздуха значительно снижается. В Германии эта потребность составляет всего лишь от 2 до 7 кВт·ч/(м<sup>2</sup>год) и является хорошим условием для функционирования пассивного дома. Кроме того, благодаря рекуперации тепла температура приточного воздуха практически поднимается до значения комнатной температуры. Вследствие этого приточный воздух, поступающий в помещения, теперь уже "не холодный". Благодаря усиленной теплоизоляционной оболочке здания и прежде всего теплым окнам возможно значительное снижение тепловой нагрузки на отопление и сокращение затрат на монтаж оборудования. Только в пассивном доме имеется еще одно особенное преимущество, а именно, возможность отопления с помощью нагрева приточного воздуха. Так как свежий воздух и без того подводится в гостиные, рабочие, детские и спальные комнаты, этот воздух может одновременно использоваться и для подвода тепла. Так как речь идет только о свежем воздухе (а не о рециркуляции воздуха), количество притока свежего воздуха ограничено (иначе воздух внутри здания будет сухим) и температура нагрева воздуха тоже ограничена. Поэтому отопление с помощью приточного воздуха функционирует только в домах с небольшим потреблением тепла, а именно, в пассивных домах. Благодаря этому можно использовать очень изящные и компактные решения для домашней техники, например, компактный агрегат (пластинчатый теплообменник с тепловым насосом).

Из этого следует, что сегодня в срочном порядке необходима хорошая концепция по вентиляции, даже в том случае, если все усилия будут направлены к снижению вредных выбросов внутренних помещений.

Пассивные дома всегда имеют встроенную комфортную систему вентиляции, которая часто является центральной составляющей для всей домашней техники. Только высококачественная система вентиляции пригодна для пассивного дома. Наряду с высоким КПД рекуператора, должно быть гарантировано низкое потребление электроэнергии, гигиенически безупречная работа и очень тихий режим работы.

Высокоэффективные вентиляционные установки, разработанные специально для пассивных домов, оправдали себя при модернизации существующих зданий. Они улучшают качество воздуха, гарантируют полную защиту от образований конденсата влаги и способствуют снижению энергопотребления.

Дополнительный вклад в улучшения эффективности вентиляционных установок оказывает грунтовый теплообменник. Грунт на определенной глубине зимой имеет в среднем более высокую, а летом более низкую температуру, чем окружающий воздух. Приточный воздух можно нагреть или охладить в толще грунта. Это возможно, либо напрямую через воздушные каналы (воздух обменивается энергией со стенками грунтового теплообменника), либо косвенно через гидравлическую систему. Грунтовый теплообменник имеет замкнутый контур с жидким агентом, например, гликоль или соляной раствор. Наружный воздух сначала проходит через грунтовый

теплообменник, а потом через пластинчатый рекуператор. Пассивный дом, а точнее энергопассивный дом – это дом, в котором ничтожно малы расходы на отопление, что практически делает его энергонезависимым. Теплотери Пассивного дома составляют 15-25 кВт. кв.м в год (для сравнения, в кирпичном доме сталинской застройки 250-350 кВт. кв.м в год), а потребность в незначительном отоплении дома возникает только при отрицательных температурах наружного воздуха. В этих домах применяются современные строительные материалы и конструкции и новейшее инженерное оборудование. На сегодня – это самые совершенные дома в Европе с точки зрения комфорта внутреннего климата помещений. В этих домах автоматически поддерживаются: комфортные температура и влажность воздуха внутри дома, чистота воздуха. Ощущение комфорта среды у человека, попавшего в Пассивный дом, начинается уже с первых минут пребывания в нём. Чистый, тёплый свежий воздух, тёплые стены и полы (хотя отопление полов отсутствует) вызывает ощущение пребывания в горной местности в летний период. Если учесть, что человек за свою жизнь более 50% находится в жилище, то такая комфортная среда обитания внутри Пассивного дома, благотворно влияя на здоровье человека, способствует существенному продлению дееспособного срока жизни человека.

Затраты на отопление пассивных домов в 7-12 раз меньше, чем в кирпичных домах традиционной российской застройки (9000 р/год на коттедж 160 м<sup>2</sup>. и 150 р/месяц на 3-х комн./кв. 70 м<sup>2</sup>). Пассивный дом от домов традиционной российской застройки, прежде всего, отличается высокой герметичностью и мощной теплоизоляцией здания. Для этого в Пассивных домах применяются: лучшая современная герметичная столярка с двойным стеклопакетом; специальная конструкция примыкания окон к стенам; несущие стены из газобетонных блоков толщиной 25 см, утепляемые снаружи пенополистиролом -15 см; теплоизоляция кровли из пенополистирола - 20 см; особая система теплоизоляции фундамента (тепловой колокол); специальная плёнка, защищающая от грунтового радона; состав материала и технология нанесения наружной штукатурки, позволяющий стенам «дышать». Конструктивные узлы здания и технология производства работ исключают наличия мостиков холода.

Обязательными атрибутами инженерного оборудования Пассивного дома является: приточно-вытяжная механическая вентиляция с рекуперацией тепла и системой подземных воздуховодов. Отопление дома осуществляется электроконвекторами, температура поверхностей которых не превышает 60°C. Отопительное и вентиляционное оборудование работает бесшумно. Зимой холодный воздух (-26°C) входит в подземный воздуховод, за счет тепла земли нагревается до +3°C и поступает в рекуператор. В рекуператоре вытяжной воздух отдает тепло приточному (не смешиваясь с ним), удаляемый воздух выбрасывается наружу, а приточный воздух из рекуператора +17°C поступает в дом, т.е. бесплатное отопление. Летом наружный воздух +30°C входит в подземный воздуховод, за счет температуры земли охлаждается до 17°C и поступает в дом, т.е. бесплатный кондиционер. КПД современных высокоэффективных рекуператоров достигает сегодня от 75% до 95%. Эти характеристики достигаются благодаря противоточным теплообменникам и специальным энергоэффективным вентиляторам (с так называемыми ЕС – моторами с высоким КПД). Поэтому возвращаемая теплота в 8 -15 раз больше расхода электроэнергии вентиляторов.

Очень много информации в западной литературе о пользе Пассивных домов для аллергиков. Поэтому фактор климатического комфорта становится причиной растущей популярности Пассивных домов.

Можно осуществить воздушное отопление совмещенное с вентиляцией, применив ТЭНы на выходе из рекуператора тепла. Однако, применение электроконвекторов с директивной отопительной системой позволяет более точно, до  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ , поддерживать заданную температуру в каждом помещении дома. Для строительства Пассивного дома нужны специальные знания как на стадии проектирования, так и на стадии строительства. На стадии проектирования, по программам, апробированным в Европе, Пассивный дом рассчитывается по всем параметрам коробки здания и инженерного оборудования как единая энергетическая система. Программа учитывает многочисленные моменты и детали, оказывающие влияние на термостатирование здания. Точность программы позволяет минимизировать расчётные теплопотери здания и выбрать наиболее оптимальные строительные конструкции и инженерное оборудование. Качество выполнения нашей фирмой технологических регламентов производства работ обеспечивает долговечность и многолетнюю эксплуатационную надёжность работы строительных конструкций и инженерного оборудования.

**Экономика.** В Пассивном доме отпадают затраты: на разводку водяного отопления и установки котельного оборудования, на подключение газа, емкостей для хранения топлива, расходов на чистку труб и фитингов. Стоимость же электроконвекторов, системы вентиляции и дополнительного утепления практически ниже стоимости классического отопления. А отказ от сетей газа и теплоцентралей несет в себе возможность значительно сократить себестоимость строительства. Громадный потенциал заложен в 2 х тарифных счетчиках электроэнергии. Для муниципального жилья отсутствие проблем кризисных ситуаций с теплоснабжением. Традиционный дом, при толщине стены в 1,5 кирпича или из бруса обложенного кирпичом, тратит на отопление 5 тонн дизеля в год (дом  $160\text{ м}^2$ ), на сумму 70 тысяч рублей (цена дизеля 14 руб/литр), а в Пассивном Доме стоимость отопления электричеством составляет 10 тысяч рублей. Как мы видим из приведенных данных экономия, будет составлять 60 тысяч рублей в год, но цены на топливо будут расти быстрее, чем тарифы на электроэнергию и реальная экономия составит 60 тысяч долларов за 20 лет.

**Энергобезопасность.** Уникальность Пассивного дома в том, что его можно построить в "чистом" поле без использования сетей газа и теплоцентралей. Нужна только вода и электроэнергия в обычном размере 10 кВт на дом или квартиру. Этого вполне достаточно для приготовления пищи, отопления, кондиционирования, вентиляции, горячей и холодной воды. При возможном отключении электроэнергии Пассивный дом остывает на  $1^{\circ}\text{C}$  в сутки при температуре наружного воздуха  $-15^{\circ}\text{C}$ . Во многом этому способствуют аккумуляторы тепла, роль которых выполняют массивные несущие стены, Ж/Б плиты пола первого этажа и междуэтажные перекрытия. Можно ещё более повысить энергобезопасность Пассивного дома дополняя инженерное оборудование различными источниками энергии: камины, печи, тепловые насосы, солнечные коллекторы для подогрева воды, солнечные батареи, ветроэлектростанции, и т.д. Такие мероприятия по повышению энергобезопасности могут сделать Пассивный дом полностью энергонезависимым с децентрализованным энергоснабжением, водоснабжением и очисткой бытовых стоков. Колодцы, скважины для воды и индивидуальные очистные сооружения сегодня выполняются многими фирмами и являются делом обыденным. Таким образом, мы стали пред фактом возможной постройки полностью энергонезависимого дома нового поколения, надёжным в эксплуатации, долговечностью более 150 лет, внутриклиматическая среда в котором является лабораторией здоровья для человека.

### Список литературы

1. Как устроен пассивный дом [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.ppu21.ru/article/303.html>
2. Энергоэффективная вентиляция частных домов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.x-ventair.ru/energoeffect-ventilaziya-chastnyh-domov>



## ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ПЕРЕХОДА ОТ ЦЕНТРАЛЬНЫХ К ИНДИВИДУАЛЬНЫМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ ТЕПЛОВЫМ ПУНКТАМ

Диденко Т.А.

научный руководитель д-р техн. наук Липовка Ю.Л.

Сибирский федеральный университет

В соответствии с Федеральным законом №190 от 27 июля 2010 года «О теплоснабжении», одним из принципов организации теплоснабжения в России является обеспечение энергетической эффективности теплоснабжения<sup>[1]</sup>.

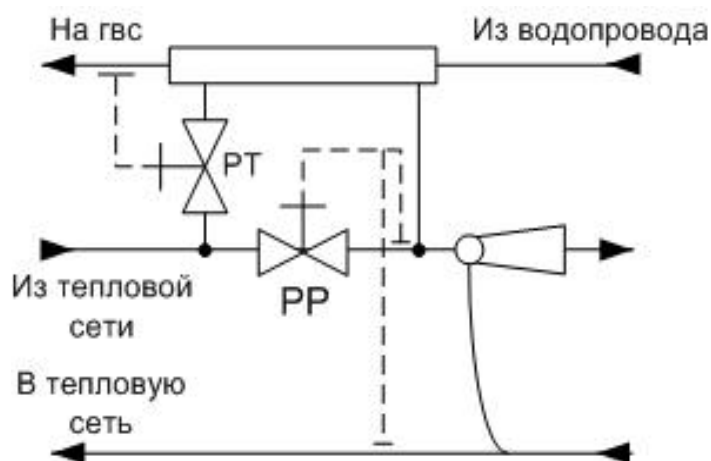
Требования, предъявляемые на сегодняшний день к качеству и энергоэффективности объектов жилого и социально-бытового значения, диктуют необходимость использования современных подходов к контролю и управлению инженерными сетями. В связи с этим внедрение системы автоматизированного управления (АСУ) обеспечит эффективное энергосбережение<sup>[2]</sup>. В качестве исследуемого объекта была выбрана система отопления, а именно тепловой пункт как один из основных элементов. Целями для внедрения автоматизированной системы на объекте являются: снижение энергозатрат, снижение эксплуатационных издержек, увеличение безопасности, контроль износа используемого оборудования, контроль деятельности персонала, упрощение управления системой в целом.

Для осуществления управления прежде всего необходимо разработать этапы процесса внедрения и принципиальную схему теплового пункта, определить границы автоматизации и осуществить подбор необходимого оборудования.

Схема присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения (рисунок 1, 2) в закрытых системах теплоснабжения выбирается в зависимости от соотношения максимального потока теплоты на горячее водоснабжение  $Q_{hmax}$  и максимального потока теплоты на отопление  $Q_{omax}$ :

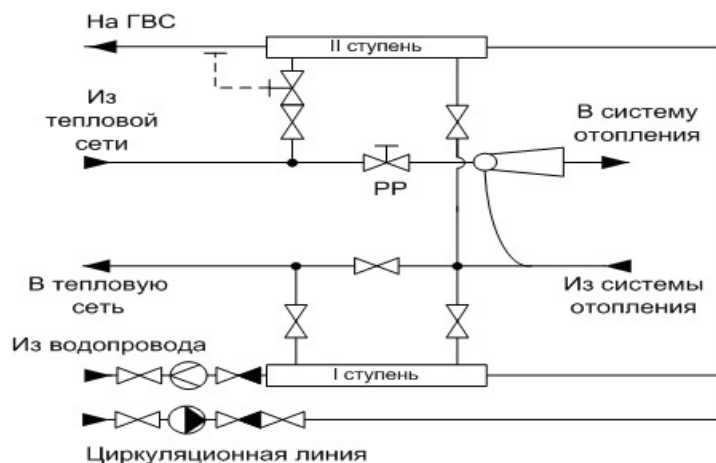
$0,2 \geq \frac{Q_{hmax}}{Q_{omax}} \geq 1$  - одноступенчатая схема (рисунок 1);

$0,2 < \frac{Q_{hmax}}{Q_{omax}} < 1$  - двухступенчатая схема (рисунок 2).



**Рис.1 - Одноступенчатая схема присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения**





**Рис.2 – Двухступенчатая схема присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения**

Данные схемы присоединения потребителей теплоты к тепловым сетям не охватывают всех возможных вариантов. Могут применяться и другие схемы присоединения, обеспечивающие минимальные расходы воды в тепловых сетях, экономию теплоты за счет применения регуляторов расхода и ограничителей максимального расхода сетевой воды, корректирующих насосов или элеваторов с автоматическим регулированием, снижающих температуру воды, поступающей в системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха<sup>[3,4]</sup>.

Наилучшим вариантом присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения для автоматизированного ИТП, является двухступенчатая схема присоединения<sup>[5]</sup>. Она имеет ряд преимуществ, в сравнении с одноступенчатой схемой. Основное преимущество схем с двумя ступенями подогрева - использование в первой ступени обратной воды из систем отопления температурой 40—70°C. Благодаря этому уменьшается расход сетевой воды. Однако в двухступенчатых схемах необходимо увеличивать поверхность подогревателей. Но это удорожание меньше, чем получаемое удешевление стоимости тепловой сети.

### Список литературы

1. Федеральный закон №190 « О теплоснабжении»
2. Билалов А.Б., Шияев Д.В., Петроченков А.Б., Билоус О.А., Хабибрахманова Ф.Р. Внедрение автоматизированной системы управления тепловым пунктом //Фундаментальные исследования. 2015. № 8-1. С. 87-92.
3. Колодкина А.С., Марьясин О.Ю. Компьютерное моделирование энергоэффективных алгоритмов управления теплоснабжением зданий//Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. 2014. Т. 7. № 7-1 (66). С. 20-23
4. Вольвач А.Ю., Толстель О.В. Перспективное управление теплоснабжением зданий от нескольких параметров //Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2013. № 10. С. 69-76.
5. Буянов В.О. Автоматизация индивидуального теплового пункта //В сборнике: Научно-техническая конференция по итогам научно-исследовательских работ студентов НИУ МГСУ за 2014-2015 учебный год Сборник трудов. Национальный Исследовательский Московский Государственный Строительный Университет. Москва, 2015. С. 249-255.

## **ИНФРАКРАСНАЯ ПЛЁНКА ДЛЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ**

**Жуков К.Ю.**

**научный руководитель канд. тех. наук Шмидт В. К.**

*Сибирский федеральный университет*

Микроклимат является одним из самых значимых факторов, формирующих внутреннюю среду помещений различного функционального назначения. Совместная работа специалистов из разных стран показала, что среди комплекса факторов, формируемых качество внутренней среды, микроклимат занимает первое ранговое место.

Значимость параметров микроклимата возрастает в помещениях, предназначенных для пребывания в них детей и подростков. Многие школы и детские дошкольные учреждения особенно в районных областях регионов, сельской местности не имеют или испытывают трудности с централизованным отоплением. С учетом этого разработки, направленные на эффективный обогрев помещений различного назначения чрезвычайно важны.

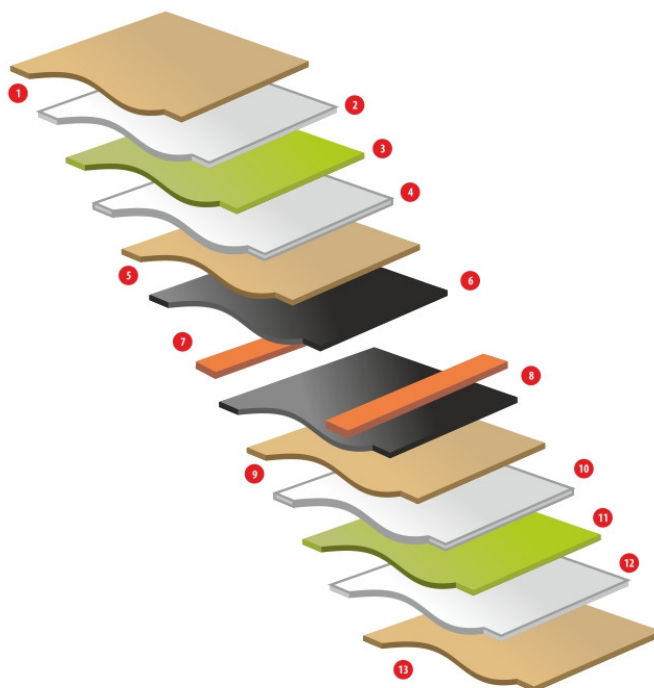
Отопительная инфракрасная пленка «Heat Life» является относительно новым видом пленочного инфракрасного обогрева. Принцип работы отопительной пленки – это получение тепла вследствие выделения длинноволновых инфракрасных лучей, которые при прохождении через воздух, не нагревая его, попадают на поверхности предметов и преобразуются в тепловую энергию<sup>[1]</sup>.

Рабочей тепловыделяющей поверхностью является сплошное карбоновое покрытие. Два слоя нетканого материала пропитаны специальной карбоновой смесью, что обеспечивает прочность, надежность и долговечность покрытия. Даже при повреждении отдельного участка сплошная рабочая поверхность продолжает непрерывно работать. В других подобных пленочных обогревателях карбон нанесен путем покраски и, вследствие нагрева и механических деформаций пленки разрушается, что приводит к разрыву контакта и выходу из рабочего состояния части отопительной поверхности.

Отопительная инфракрасная пленка состоит из нескольких технологических слоев, каждый из которых призван выполнять свою функцию. В основном это функции защиты, позволяющие пленке быть устойчивой к механическим воздействиям, резкому и неоднократному перепаду температур, проникновению влаги, оставаться безопасной в эксплуатации в случае повреждения рабочей поверхности.

Токопроводящая линия в отопительной пленке влита между двумя карбоновыми слоями. Плотный контакт с рабочей поверхностью, достигнутый таким образом, исключает вероятность отслоения медной шины от карбона, а, следовательно, и потерю контакта при любых деформациях пленки.

Устройство инфракрасной пленке изображено на рисунке 1.



**Рис.1 - Слои инфракрасной пленки Heatlife: 1, 5, 9 и 13 — Полиэтилентерефталат ПЭТ; 2, 4, 10 и 12 — Клеевой материал; 3 и 11 — Нетканое полотно; 6 и 8 — Карбоновый слой; 7 — Медные токопроводящие шины**

Отопительную инфракрасную пленку можно кроить на отрезки любых размеров, укладывать на горизонтальные, крепить на вертикальные и наклонные поверхности.

Используя инфракрасную отопительную пленку в качестве основного отопления помещений ее, как правило, следует укладывать на пол под бетонную стяжку, керамическую плитку, паркет, ламинат, линолеум, ковролин, половую доску и т.д. Если нет возможности расположить пленку на полу, то ее можно крепить на стены. При наличии центрального или другого вида отопления помещений инфракрасная пленка может выполнять функцию «теплого пола» для обеспечения дополнительного тепла в помещениях.

Пример укладки изображен на рисунке 2.



**Рис.2 – Укладка инфракрасной пленки**

Отопительная инфракрасная пленка легко монтируется и демонтируется, ее можно перемещать из одного места в другое и применять повторно. Применение

инфракрасной отопительной пленки – это возможность осуществления локального отопления помещения, регулирование температуры в каждом конкретном помещении, как с центрального пункта управления, так и из самого помещения.

На рисунке 3 можно ознакомиться с этапами монтажа.



**Рис.3 – Порядок монтажа инфракрасной пленки**

По сравнению с другими видами электрических отопительных систем энергопотребление инфракрасной отопительной пленки существенно ниже. Благодаря своему свойству инфракрасное излучение проходит через воздух, не нагревая его, электрическая энергия расходуется значительно рациональнее, чем при конвективном способе обогрева за счет сокращения затрат на отопление подпотолочного пространства помещения<sup>[2]</sup>.

Кроме того, инфракрасная отопительная пленка может использоваться как система антиобледенения, прогрева отдельных конструкций, емкостей с жидкостями, а также для сушки материалов и изделий.

При строительстве зданий и сооружений использование инфракрасной отопительной пленки дает возможность экономии на сроках строительства: отопление можно запускать постепенно – комната за комнатой, этаж за этажом – это позволит выполнять смежные работы, сокращая сроки ввода объекта строительства в эксплуатацию.

### Список литературы

1. Rakhwan Kim, Younghyun Kim, a Yong-Uk Leea, Hee-Jae Kimb, Jong-Wan Parka, Effect of ZrO<sub>2</sub> addition on the structural, optical and electrical properties of MgO protective films // Surface and Coatings Technology 161 (2002) 52-57.
2. Кржижановский Р.Е., Штерн З.Ю. теплофизические свойства неметаллических материалов Л.: Энергия. 1973 – 333с.

## О ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ВОЗМОЖНОСТИ БЕСКАНАЛЬНОЙ ПРОКЛАДКИ ТРУБОПРОВОДОВ

**Закаурцева Т.А., Клименко Н.В., Мазуркевич А.М.**  
**научный руководитель д-р техн. наук Липовка Ю.Л.**  
*Сибирский федеральный университет*

Существуют множество видов прокладки трубопроводом, как надземных, так и подземных. Бесканальный способ прокладки является одним из самых эффективных дешевых способов прокладки тепловых сетей. Бесканальная прокладка на 30-50% дешевле способа прокладки в непроходных каналах, но в условиях восточной Сибири при сложных погодных и особенно грунтовых условиях продвижение данного способа прокладки весьма ограничено. Кроме того, бесканальный способ прокладки трубопроводов более чем в 2 раза дешевле в сравнении с традиционным, так как не требует предварительного копания траншей и последующего восстановления грунта или дорожного покрытия. Отсутствие на участке работ механизмов и траншей повышают безопасность труда и для прокладки трубопровода бесканальным методом требуется меньшее число рабочих<sup>[1]</sup>.

Тепловые сети требуют большое количество трудовых и материальных затрат. Эти затраты включают в себя стоимость трубопровода, теплоизоляционного покрытия трубы, монтажных и земляных работ. Проектирование тепловых сетей производят с учетом положений и требований СП 124.13330.2012 «Тепловые сети». Остановимся на анализе предизолированных в заводских условиях теплопроводах. На рисунке 1 представлена тепловая изоляция трубопроводов.



**Рис.1 – Тепловая изоляция трубопроводов**

В таблице 1 указаны данные о теплопроводности и влагостойкости материалов.

Таблица 1 – Теплопроводность, влагостойкость теплоизоляционных материалов

Название материала	Теплопроводность, Вт/м·К	Влагостойкость
Пенополиуретан	0,028	0,5
Минеральная вата	0,07	0,49
Пенополистерол	0,031-0,05	0,013-0,05
Пенопласт ПВХ	0,052	0,23
Полиуретановая мастика	0,25	0,00023
Полиурия	0,21	0,00023

Для прокладки бесканальным методом используют трубопроводы, изолированные ППУ в металлической, полиэтиленовой или полимерной оболочке. Стыки стальных труб так же изолируют ППУ и при помощи полиэтиленовых муфт.

Теплопроводы с пенополиуретановой изоляцией могут снабжаться системой оперативного дистанционного контроля (СОДК) состояния изоляционного слоя. С помощью СОДК можно вовремя обнаружить повреждение изоляции<sup>[2]</sup>. После укладки трубы необходимо обратно отсыпать песком, установить железобетонные плиты или залить бетонным основанием.

Был произведен расчет денежных затрат на устройство тепловых сетей из двух материалов: ВЧШГ и сталь на 100 метров<sup>[3]</sup>. Данные расчёта приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Стоимость сварного трубопровода на 100 метров

Материал трубопровода	Условный диаметр трубопровода, мм	Цена 100 м трубы, руб.	Цена 100 м теплозащитного покрытия трубы, руб.	Стоимость монтажа 100 м трубопровода, руб.	Итого, руб.
1	2	3	4	5	6
ВЧШГ	100	7693	3000-3600	3000-3500	13693-14793
	200	15401	4500-5500	4000-5500	23901-26401
Сталь	100	3425	3000-3600	700-850	7125-7875
	200	14450	4500-5500	1700-1900	20650-21850

В результате проведенного сравнительного анализа можно сделать вывод о предпочтительности того или иного вида тепловой изоляции и покровного слоя, в зависимости от внешних метеорологических факторов и внутренних технических условий (термодинамических параметров энергоносителя)<sup>[4]</sup>. Это позволит проектировщикам выбирать оптимальный вариант прокладки, согласовывая его с заказчиком, что в свою очередь позволяет повысить надежность тепловых сетей, следовательно, и системы теплоснабжения в целом.

#### Список литературы

1. Виды труб, используемых при прокладке тепловых сетей [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.teplopipes.ru/products/articles/a102.html>
2. Применение теплоизолированных труб из сшитого полиэтилена в тепловых сетях [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=24965750>
3. Выбор теплоизоляционного материала или теплоизоляционной технологии с целью энергосбережения в тепловых сетях [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=23384213>
4. Сравнительный анализ технико-экономических показателей некоторых конструкций бесканальной прокладки тепловых сетей [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=20445952>

## К РАСЧЁТУ ТЕПЛОТДАЧИ ОТ ПОВЕРХНОСТИ НАГРЕТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Калинич И. В., Смольников Г. В.

научный руководитель д-р техн. наук Сакаш Г. В.

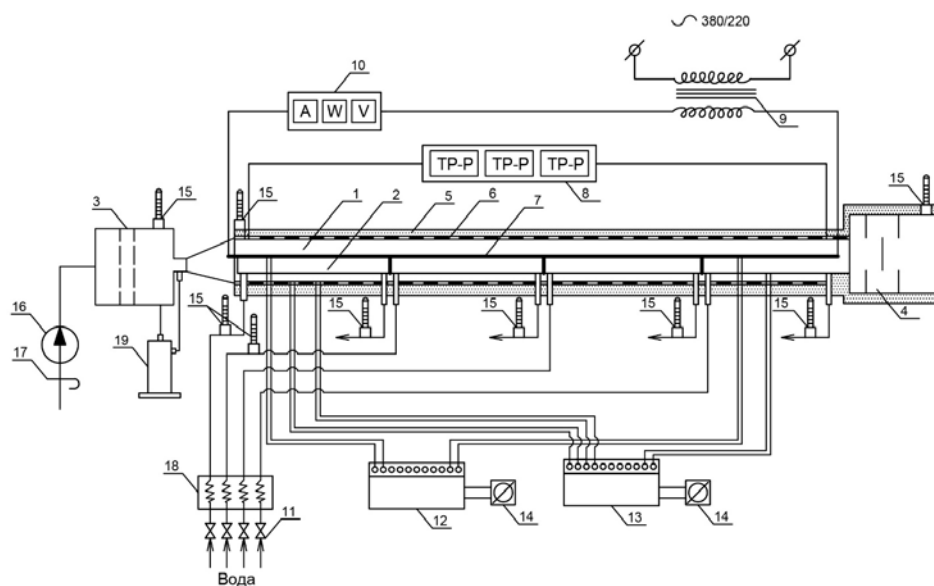
Сибирский федеральный университет

Для обеспечения нормируемых параметров воздушной среды в конвейерных галереях для транспортировки нагретых материалов, необходима организация эффективной работы систем отопления и вентиляции. С этой целью, при проектировании указанных инженерных систем в подобных галереях, необходимы данные о коэффициентах теплоотдачи от поверхности транспортируемых материалов. Поскольку эти данные возможно получить только экспериментальным путём, исследования являются актуальными.

Исследования теплоотдачи при конвейерной транспортировке рассмотрены в работах<sup>[1]</sup> и<sup>[2]</sup>, авторами которых были получены завышенные коэффициенты теплоотдачи вследствие несовершенства конструктивных особенностей экспериментальных установок.

Целью настоящей работы является получение данных, более полно отражающих процесс теплообмена нагретых материалов при конвейерной транспортировке.

Исследования теплообмена нагретых материалов при конвейерной транспортировке в галереях проведены на экспериментальной установке, принципиальная схема которой изображена на рисунке 1.



**Рис.1 – Принципиальная схема экспериментальной установки для исследования теплообмена : 1 – галерея; 2 – конвейер; 3 – камера давления с коллектором; 4 – камера смешения; 5 – теплоизоляционный слой из пенопласта; 6 – обогреваемые ограждающие конструкции; 7 – исследуемая пластина; 8 – трансформаторы; 9 – силовой трансформатор; 10 – электроизмерительный комплект; 11 – регуляторы расхода воды; 12 – потенциометр; 13 – потенциометр; 14 – переключатель; 15 – термометр; 16 – вентилятор; 17 – регулирующая заслонка; 18 – термостат; 19 – микрометр**

При проведении исследований определялись величины:

- 1) температура воздуха на входе и выходе из галереи;
- 2) расход воздуха, проходящий через галерею;
- 3) локальные температуры поверхности исследуемой пластины.

Для исследования локальных и средних коэффициентов конвективной теплоотдачи было проведено 115 опытов. По данным опытов был выполнен расчёт средних коэффициентов конвективной теплоотдачи при следующих значениях: число Рейнольдса  $Re = (8,7 - 43) \cdot 10^5$ ; температурный фактор от 1,8 до 14,1; угол наклона галереи от 0 до 30 градусов.

Локальные коэффициенты конвективной теплоотдачи в каждом опыте рассчитывались в семи сечениях пластины на определённых расстояниях от входа: 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,75; 1,25; 1,75 м. При этом, в каждом сечении локальный коэффициент конвективной теплоотдачи определялся в трёх точках пластины, а затем производилось его осреднение по сечению. Для расчёта локальных и средних коэффициентов конвективной теплоотдачи использовались формулы (1) и (2).

$$\alpha_{\text{кк}} = \frac{q_{\text{к}}}{t_{\text{с}} - t_{\text{в}}}, \quad (1)$$

где  $q_{\text{к}}$  – удельный конвективный тепловой поток, Вт/м<sup>2</sup>;  $t_{\text{с}}$  – локальная температура поверхности цилиндрической пластины, °С;  $t_{\text{в}}$  – средняя по сечению температура воздуха, которая определялась расчётом по измеренным значениям температуры воздуха на входе и выходе из галереи, учитывая линейный закон распределения температуры воздуха по длине галереи, °С.

$$\alpha_{\text{к}} = \frac{q_{\text{к}}}{\bar{t}_{\text{с}} - \bar{t}_{\text{в}}}, \quad (2)$$

где  $\bar{t}_{\text{с}}$  – среднеинтегральная температура поверхности цилиндрической пластины, °С;  $\bar{t}_{\text{в}}$  – среднеобъёмная температура воздуха в галерее, °С.

Обработка методом наименьших квадратов полученных результатов позволила получить эмпирическую зависимость для расчёта локальных коэффициентов конвективной теплоотдачи при транспортировке материалов в конвейерных галереях:

$$Nu_{\text{х}} = 0,014 \cdot Re_{\text{х}}^{0,89}. \quad (3)$$

По результатам исследований определено, что влияние естественной конвекции на конвективный теплообмен незначительно. Это согласуется с данными, приведёнными в работе<sup>[31]</sup>. Опытные данные, полученные для средних коэффициентов теплоотдачи обобщены критериальной зависимостью:

$$Nu_{\text{к}} = 0,26 \cdot Re^{0,67}, \quad (4)$$

Обработка результатов исследований конвективного теплообмена высокотемпературных материалов позволила получить эмпирическую зависимость для расчёта средних коэффициентов конвективной теплоотдачи:

$$Nu_{\text{к}} = 0,28 \cdot Re^{0,67} \cdot \Psi^{-0,11}, \quad (5)$$

где  $\Psi$  – температурный фактор.

Влияние температурного фактора на общий коэффициент теплоотдачи незначительно. Обработка полученных данных позволила получить зависимость для расчёта коэффициентов общей теплоотдачи при конвейерной транспортировке высокотемпературных материалов:

$$Nu_{\text{о}} = 1,48 \cdot Re^{0,5}. \quad (6)$$



Поученные экспериментальные данные могут быть сопоставлены с результатами работ<sup>[1 - 4]</sup>, в которых рассматривался теплообмен пластин в свободном турбулентном потоке и теплообмен при конвейерной транспортировке

На основании проведённых авторами исследований сделаны выводы:

1) При конвейерной транспортировке нагретых материалов с температурой поверхности от 40 до 90 °С влияние угла наклона и естественной конвекции на конвективный теплообмен является малозначительным;

2) При конвейерной транспортировке нагретых материалов с температурой от 100 до 500 °С на конвективный теплообмен оказывает влияние температурный фактор. Увеличение температурного фактора ведёт к уменьшению коэффициента конвективной теплоотдачи;

3) При конвейерной транспортировке нагретых материалов с температурой от 100 до 500 °С влияние температурного фактора на общий коэффициент теплоотдачи является незначительным;

4) Полученные эмпирические зависимости (3), (4), (5), (6) позволяют определить локальные и средние коэффициенты общей и конвективной теплоотдачи при конвейерной транспортировке нагретых материалов с температурой от 40 до 500 °С и рассчитать тепловой поток, поступающий от их поверхности.

Таким образом, полученные авторами в результате исследований данные, можно считать более полно отражающими процесс теплообмена нагретых материалов при конвейерной транспортировке в галереях.

#### Список литературы

1. Нейков О. Д. Аспирация паропылевых смесей при обеспыливании технологического оборудования [Текст] / О. Д. Нейков, И. Н. Лочачёв, Р. Н. Шумилов. – Киев: Наукова думка, 1974. – 128 с.

2. Маринченко В. М. Внешний тепло – и массообмен при конвейерной транспортировке зернистых материалов [Текст] / В. М. Маринченко // тез. докл. III Всесоюзной конференции «Механика сыпучих материалов», Одесса, 1975. – С. 271 – 272.

3. Исаченко В.П. Теплопередача. 4-е изд., перераб. и доп. [Текст] / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – М. : Энергия, 1981. – 416 с.

4. Кутателадзе С. С. Основы теории теплообмена. 5-е изд., перераб. и доп. [Текст] / С. С. Кутателадзе. – М. : Атомиздат, 1979. – 416 с.



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В УСТАНОВКАХ ГВС

Картавых Н.С.

научный руководитель канд. техн. наук Панфилов В.И.

*Сибирский федеральный университет*

Новыми источниками энергии, которые позволили бы заменить существующие, являются энергия солнца, ветра, вод, термоядерного синтеза и других источников.

Солнце как источник тепловой энергии - это практически неисчерпаемый источник энергии. Ее можно использовать прямо (посредством улавливания техническими устройствами) или опосредствованно через продукты фотосинтеза, круговорот воды, движение воздушных масс и другие процессы, которые обуславливаются солнечными явлениями.

Использование солнечного тепла - наиболее простой и дешевый путь решения отдельных энергетических проблем. Подсчитано, что в США для обогрева помещений и горячего водоснабжения расходуется около 25% производимой в стране энергии. В северных странах, в том числе и в Латвии, эта доля заметно выше. Между тем, значительная доля тепла, необходимого для этих целей, может быть получена посредством улавливания энергии солнечных лучей. Эти возможности тем значительнее, чем больше прямой солнечной радиации поступает на поверхность земли.

Наиболее распространено улавливание солнечной энергии посредством различного вида коллекторов<sup>[1]</sup>. В простейшем виде это темного цвета поверхности для улавливания тепла и приспособления для его накопления и удержания. Оба блока могут представлять единое целое. Коллекторы помещаются в прозрачную камеру, которая действует по принципу парника. Имеются также устройства для уменьшения рассеивания энергии (хорошая изоляция) и ее отведения, например, потоками воздуха или воды.

Еще более просты нагревательные системы пассивного типа. Циркуляция теплоносителей здесь осуществляется в результате конвекционных токов: нагретый воздух или вода поднимаются вверх, а их место занимают более охлажденные теплоносители. Примером такой системы может служить помещение с обширными окнами, обращенными к солнцу, и хорошими изоляционными свойствами материалов, способными длительно удерживать тепло. Для уменьшения перегрева днем и теплоотдачи ночью используются шторы, жалюзи, козырьки и другие защитные приспособления. В данном случае проблема наиболее рационального использования солнечной энергии решается через правильное проектирование зданий. Некоторое удорожание строительства перекрывается эффектом использования дешевой и идеально чистой энергии.

Вакуумные солнечные коллекторы поглощают солнечную энергию, превращая ее в тепловую энергию. За счет солнечной энергии эта система способна обеспечить от 70 до 100% ежедневной потребности в ГВС для бытовых целей и существенно снизить расходы (30-100%) на отопление помещений. За счет вакуума потери тепла в атмосферу минимальные.

Преимущества вакуумных трубчатых солнечных коллекторов:

- возможность эксплуатации в любое время года.
- возможность работы в регионах с умеренным климатом, в том числе в зимний период при низких температурах;

- достаточно высокая эффективность солнечного коллектора при низкой интенсивности солнечного излучения, а также при диффузионном излучении (отсутствии прямых солнечных лучей)

Солнечная сплит-система не является полной заменой традиционно применяемым системам отопления, а используется для предварительного нагрева теплоносителя в системе отопления.

Солнечные коллекторы используются:

- для обеспечения горячего водоснабжения в домах и на дачах, в гостиницах, санаториях, пансионатах, спортивных комплексах, учреждениях общественного питания, турбазах, производственных, сельскохозяйственных и других объектах;
- для подогрева воды в бассейнах;
- в устройствах теплого пола.

Место установки солнечного коллектора:

- крыша дома и других строений (плоская или скатная);
- балконы, архитектурные выступы здания;
- земля (открытая для солнца местность).

Схема солнечной сплит-системы представлена на рисунке 1



**Рис.1 - Схема солнечной сплит-системы**

Солнечная сплит-система состоит из солнечного коллектора с вакуумными трубками, внутри которых находится медный нагревательный элемент; рабочей станции, которая включает в себя циркуляционный насос, контроллер, расширительный бак, манометр, датчик и т.д.; бака для воды с двумя теплообменниками.

Конструкция вакуумной трубки схожа с конструкцией стеклянной колбы термоса. В каждую трубку встроен медный нагревательный элемент с запаянной внутри его плоскости кипящей и испаряющейся жидкостью. Солнечная энергия, поглощаемая трехслойным покрытием вакуумной трубки, преобразуется в тепловую энергию и передается медному нагревательному элементу. Вакуумная трубка вместе с медным нагревательным элементом (далее - "тепловая труба") подсоединена к конденсатору, находящемуся в теплообменнике абсорбера коллектора.

Под воздействием тепла жидкость в тепловой трубе закипает и испаряется в верхнюю часть, где отдает тепловую энергию теплоносителю основного контура бака для воды. Нагрев теплоносителя отопительного контура происходит во втором теплообменнике, расположенном в верхней части бака для воды, за счет передачи тепла от воды в баке, нагретой теплообменником основного контура. Конденсат жидкости в

тепловой трубе после передачи тепла отпускается вниз и снова испаряется. Этот процесс носит циклический характер.

Приемник солнечного коллектора выполнен из меди с теплоизоляцией. Передача тепла происходит через медную "гильзу" приемника, благодаря чему отопительный контур отделен от трубок. При повреждении одной или даже нескольких трубок коллектор продолжает работать<sup>[2]</sup>.

Наиболее весомое преимущество вакуумного коллектора с тепловой трубкой - его способность работать при температурах до  $-35^{\circ}\text{C}$ . При более низких температурах его эффективность существенно снижается. Вакуумные трубки сделаны из высококачественного, сверхпрочного боросиликатного стекла, что обеспечивает защиту их от града и механических повреждений<sup>[3]</sup>.

Солнечная сплит-система легко и просто может быть подключена как к новым системам ГВС и отопления, так и к установленным ранее. Бак имеет 2 медных теплообменника.

### Список литературы

1. Солнечный коллектор. Солнечная сплит-система[электронный ресурс]. Режим доступа: [http://andi-grupp.ru/split\\_sistema.html](http://andi-grupp.ru/split_sistema.html)
2. Экологические аспекты энергетики и энергосбережения[электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ecoteco.ru/library/magazine/zhurnal-211/ekologiya/ekologicheskie-aspekty-energetiki-i-energoberezheniya>
3. Солнечный коллектор – миф или реальность[электронный ресурс]. Режим доступа: <http://кранакватерм.рф/articles/193/>



## О ВАЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Кнюк А. В.

научный руководитель канд. техн. наук Липовка А. Ю.

*Сибирский федеральный университет*

Федеральный закон (далее ФЗ) от 27.07.2010 г. № 190 «О теплоснабжении» закрепил за городами и поселениями необходимость разработки схем теплоснабжения<sup>[1]</sup>. Отсутствовавшие на тот момент требования, состав схемы теплоснабжения, порядок разработки и т.д. отражены в Постановлении Правительства РФ (далее ПП РФ) от 22.02.2012 г. № 154 «О требованиях к схемам теплоснабжения, порядку их разработки и утверждения». Далее в том же году совместным приказом Минэнерго России и Минрегиона России № 565/667 от 29.12.2012 г. утверждаются методические рекомендации по разработке схем теплоснабжения. В данные документы и на сегодняшний день вносятся коррективы.

В соответствии с требованиями ПП РФ № 154 разработка электронной модели является обязательной для населенных пунктов численностью от 100 тыс. чел. и выше, и рекомендательной для населенных пунктов численностью от 10 до 100 тыс. чел. и право выбора остается за муниципальными образованиями.

Согласно ФЗ № 190 «О теплоснабжении», схема теплоснабжения — документ, содержащий предпроектные материалы по обоснованию эффективного и безопасного функционирования системы теплоснабжения, ее развития с учетом правового регулирования в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Фундаментом данного документа, а именно схемы теплоснабжения, является электронная модель.

Электронная модель (инструмент моделирования) является одной из основных составляющих схемы теплоснабжения, но не самой схемой теплоснабжения<sup>[1]</sup>.

Это основа, позволяющая анализировать множество вариантов и разрабатывать экономичное, в то же время эффективное и оптимальное, учитывающее интересы потребителей и теплоснабжающих организаций, решение. И в целом является основным шагом для энергетического планирования территорий, в лучшем случае на десятилетия.

В соответствии с ФЗ № 190 «О теплоснабжении» требуется ежегодная актуализация электронной модели. Таким образом, учитываются новые технологии, новые инвестиционные предложения и наглядно видна перспектива дальнейшего энергетического развития.

На проходившем в апреле 2013 г. совещания в Минрегионразвития, в котором принимали участие ведущие разработчики схем теплоснабжения, было четко заявлено: нет схемы теплоснабжения — не будет и финансирования<sup>[4]</sup>.

Только при наличии качественно разработанной схемы теплоснабжения возможно финансирование из Федерального бюджета<sup>[1]</sup>.

Разработка схемы теплоснабжения требует немалых вложений, но при наличии высококвалифицированных специалистов, она гарантирует наиболее экономичное и эффективное решение энергетического планирования.

Отношение заказчиков к схеме теплоснабжения часто меняется в лучшую сторону, когда разработчику схемы теплоснабжения удается найти решение какой-либо проблемы, и еще показать, как заказчик может при этом сэкономить<sup>[4]</sup>.

Ответственность за качество разработки схемы теплоснабжения лежит на разработчиках, и существенную роль в этом вопросе играет их квалификация.

Для повышения качества схем теплоснабжения на федеральном уровне было решено обучить будущих заказчиков требованиям к схемам. В результате появилось поручение заместителя председателя Правительства РФ Д.Н. Козака от 12.02.2013 г. № ДК-П9-850, согласно которому Минэнерго России, Минрегиону России совместно с органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации в 1-м и 2-м кварталах 2013 г. необходимо было провести обучение основам разработки схем теплоснабжения поселений и городских округов соответствующих специалистов органов местного самоуправления, попадающих под обязательное требование разработки схем теплоснабжения. Кроме этого, ряд субъектов РФ собственными силами организовали и провели обучение специалистов органов местного самоуправления<sup>[1]</sup>.

Немаловажную роль играют исходные данные, предоставляемые теплоснабжающими организациями разработчикам схем, которые должны быть достоверными, подробными и своевременными. В исходные данные входят: 1) документы территориального планирования, топографическая основа территории и др.; 2) планы и программы развития; 3) подробная информация об источниках теплоснабжения; 4) подробная информация о тепловых сетях.

На сегодняшний день организаций разработчиков схем не малое количество. Актуальным становится вопрос контроля качества. Отметим, что определенные попытки в исправлении ситуации в части выявления как качественных, так и некачественных разработчиков схем теплоснабжения предпринимают НП «Российское теплоснабжение» и НП «Энергоэффективный город» совместно с профессиональным сообществом, которые создали реестр добросовестных разработчиков схем теплоснабжения<sup>[1]</sup>.

Электронная модель и в целом схема теплоснабжения является отличным инструментом для грамотного энергетического развития города. Она требует вложений ресурсов в ее разработку, и есть много примеров, когда, экономя на разработке, принимались нерациональные решения в части строительства и реконструкции элементов системы теплоснабжения, не были учтены резервы и т.д. Данные нерациональные решения, можно было избежать благодаря разработке качественной электронной модели системы теплоснабжения.

### Список литературы

1. Пузаков В. С. Разработка схем теплоснабжения вчера, сегодня, завтра // ЭНЕРГОСОВЕТ. № 1. 2015. [электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.energsovet.ru/bul\\_stat.php?idd=510](http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=510).

2. Матченко С.А. Схемы теплоснабжения поселений: новая стратегия развития теплоснабжения или очередная бессмысленная кампания? // Энергосовет № 4 2013 г. 29 с. [электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.energsovet.ru/bul\\_stat.php?idd=405](http://www.energsovet.ru/bul_stat.php?idd=405).

3. Семенов В.Г. Сто рублей на человека: столько стоит схема теплоснабжения российского города // газета «Тепловая энергетика». № 03 03.11.2012. [электронный ресурс]. Режим доступа: (<http://www.eprussia.ru/teploenergetika/03/50.htm>).

4. Папушкин В.Н. Кризис «Схем теплоснабжения» или взлет «Энергетического планирования»? (часть 1) // Новости теплоснабжения. 2007. № 11. С. 10-15. [электронный ресурс]. Режим доступа: [http://rostplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=2110](http://rostplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2110).



5. Папушкин В.Н. Кризис «Схем теплоснабжения» или взлет «Энергетического планирования»? (часть 2) // Новости теплоснабжения. 2007. № 12. С. 6-12. [электронный ресурс]. Режим доступа: [http://rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=2111](http://rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2111).



## **ДЕФЛЕКТОР-ФЛЮГЕР, КАК СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ.**

**Кривогорницына И.Н.**

**научный руководитель канд. техн. наук, доц. Панфилов В.И.**

*Сибирский федеральный университет*

В настоящее время проблема естественной вентиляции весьма актуальна. Преобладающая часть эксплуатируемых жилых зданий в нашей стране имеет естественную вентиляцию<sup>[1]</sup>.

При естественной вентиляции воздухообмен осуществляется из-за разницы давления снаружи и внутри здания. Движущая сила процесса, так называемое гравитационное давление, прямо пропорциональна разности плотностей воздуха и высоте вытяжного «теплого» канала<sup>[2]</sup>.

Специалисты все чаще сталкиваются с тем, что естественная вентиляция не обеспечивает нормативного воздухообмена в каждой из комнат, либо вытяжные вентиляционные решетки работают как приточные, открывая доступ в комнату воздуху из вытяжного коллективного канала (обратная тяга). А также в зимнее время воздухообмен может в несколько раз превышать нормативное значение.

Главной причиной плохой, недостаточной вентиляции объясняется простым законом: нет вытяжки без притока. Климат большей части территории нашей страны благоприятен для применения естественной вентиляции, и такая вентиляция всегда считалась у нас оправданной для жилых домов массового строительства. В старых домах инфильтрация была достаточной и даже чрезмерной: в домах стояли деревянные окна, в которых присутствовали щели и форточки – обязательная принадлежность каждого окна.

С установкой пластиковых окон и герметичных дверей ситуация кардинально меняется. Они обладают очень низкой воздухопроницаемостью, инфильтрация, которая подразумевает поступление в помещение воздуха из окружающей среды, слишком мала для нормативного притока, а без притока нет и вытяжки. Кроме того, многие вентиляционные каналы забиты, либо используются не по назначению. В квартирах повышается влажность, увеличивается концентрация токсинов. В следствии плесень на стенах, неприятный запах, духота и сырость в квартирах.

Известны способы, улучшающие естественную вентиляцию:

### 1. Тепловое побуждение

Речь идет о подогреве вытяжных каналов. Для обеспечения расчетного воздухообмена в течение всего лета достаточно подогреть воткана на 15 °С выше температуры наружного воздуха.

### 2. Механическое побуждение

Где в приточных и вытяжных системах перемещение воздуха происходит за счет работы вентиляторов.

### 3. Ветровое побуждение

Однако одни из этих способов чрезвычайно просты и дешевы, другие требуют затрат.

Сегодня мы будем рассматривать самый экономичный способ улучшения работоспособности систем естественной вентиляции. Ветровое побуждение – это использование энергии ветра для эрекции отработанного воздуха из вентиляционных каналов.



Такое устройство как, дефлектор использует энергию набегающего ветра для создания разрежения у устья шахты, что усиливает вытяжку из помещения.

Дефлекторы имеют богатую и, к сожалению, забытую историю и трудовую биографию, достойную уважения. Они применялись с середины XIX века на зданиях и на транспортных средствах, испытывались в натуральных условиях и в аэродинамических трубах. Статические дефлекторы используют сейчас в качестве устройств выброса воздуха из индивидуальных и коллективных каналов естественной вентиляции, индивидуальных и коллективных дымоходов, каналов выброса продуктов сгорания газа, стволов мусоропроводов. Они получили широкое применение в системах естественной вентиляции промышленных и гражданских сооружений. Они отличаются простотой конструкции, надежностью эксплуатации и эффективностью, вне зависимости от условий помещения и внешних температурных данных.

Виды дефлекторов весьма разнообразны. В основном они различаются конструкцией корпуса. Эффективность работы дефлектора зависит от его формы и высоты расположения. Чем большее сопротивление оказывает корпус дефлектора потоку воздуха, тем большее разрежение создает дефлектор. Самыми распространёнными дефлекторами являются статические дефлекторы серии ДС и дефлекторы АСТАТО.

Еще один часто встречающийся вид - дефлекторы ЦАГИ. Они схожи по своей конструкции со статическими дефлекторами только имеющая защитная сетка представляет внешний цилиндр. Данный тип дефлектора имеет те же преимущества и недостатки<sup>[3]</sup>.

Нашей разработкой является дефлектор эжекционного типа с вращающимся корпусом, который располагается над вентиляционной шахтой.

Конструкция: Вращающийся элемент дефлектора представлен шарнирным механизмом. Сам корпус представляет собой соединенную вертикальную и горизонтальную трубу, на концах которой происходит расширение. Над вертикальной трубой имеется перегородка, которая служит флюгером.

Материал: Оцинкованное железо

Принцип работы: Флюгер помогает дефлектору принять положение по направлению ветра.

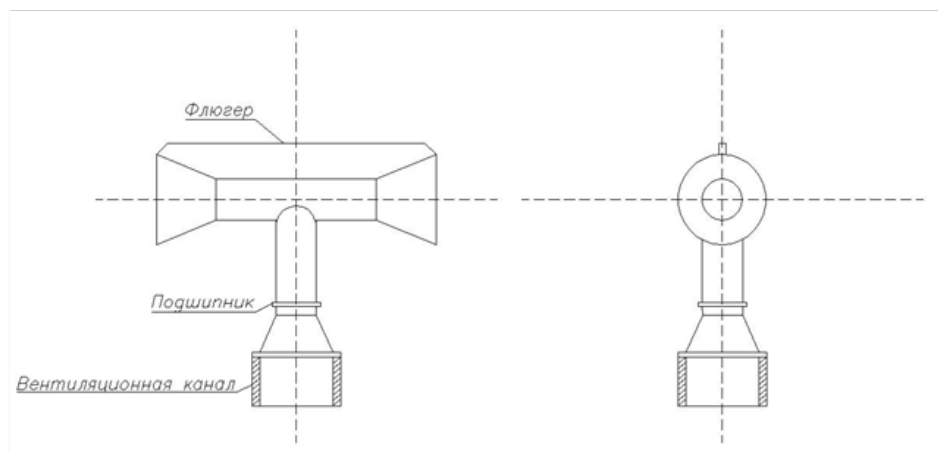
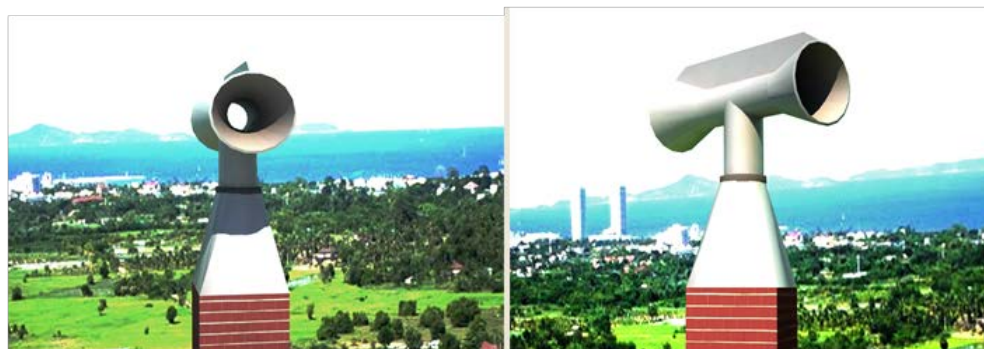
Благодаря скользящей опоре разработанная насадка при смене направления ветра изменяет свое положение в пространстве (поворачивается). Максимальный эффект поворота будет достигнут флюгером. Причем насадка всегда будет направлена конфузуром навстречу ветру, а диффузор будет располагаться по ходу ветрового движения. При данной ориентации насадки наружный воздух за счет энергии ветра последовательно проходит конфузор, горловину, диффузор и выбрасывается снова в атмосферу. Потоки ветра огибают внутреннюю часть, создавая разрежение в устье вертикальной трубы и увеличивая тягу т.е создавая значительный эжектирующий эффект из-за снижения статического давления и повышения динамического давления<sup>[4]</sup>.

Достоинства дефлектора:

1. Простота устройства
2. Экономичность материалов
3. Усиление тяги в вентиляционном канале и защита его от попадания осадков.

Естественная вентиляция жилых зданий издавна занимала во всем мире доминирующее положение. И сейчас, после кратковременного и порой чрезмерного увлечения механической вентиляцией, интерес к естественной вентиляции в развитых странах вновь растет: к этому побуждает проблема энергоснабжения городов, дефицита электроэнергии<sup>[5]</sup>.

В ряде случаев применение дефлекторов для вытяжки загрязненного воздуха из помещений исключает применение вентиляторов для механического удаления воздушной среды, т.е. способствует экономии энергоресурсов.



**Рис.1 – Дефлектор – флюгер эжекционного типа**

#### Список литературы

1. Багословский В.Н. Отопление и вентиляция: учебник для ВУЗов, часть 2 «Вентиляция» / В.Н. Багословский – Москва: 1976. – 439 с.
2. Харитонов В.П. Естественная вентиляция с побуждением / В.П. Харитонов// АВОК. – 2006. - №3.
3. Пат. №2410608 Российская Федерация, МПК F24F7/02 F23L017/02// Флюгер-дефлектор//Аверкин А.Г., Еремкин А.И., Иванкин М. А.,Миронов К.В.
4. Гадаборшева Т.Б., Самохвалова Е.С. Установка для исследования характеристик дефлектора / Т.Б. Гадаборшева // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2014. - №3-1.
5. Феоктистов А.Ю., Юдин Р.И. Круглогодичное обеспечение вентилирования жилых зданий / А.Ю. Феоктистов // Успехи современного естествознания. – 2012. - №6.

## СНИЖЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ГАЗА РАДОНА В ВОЗДУХЕ ПОМЕЩЕНИЙ

Лапоть О. И.

научный руководитель канд. техн. наук Смольников Г. В.

*Сибирский федеральный университет*

Основной вклад в облучении населения ионизирующим излучением вносят естественно-природные источники, которые можно разделить на две основные группы: первая это космическое излучение; вторая - радиоактивные элементы, содержащиеся в земной коре, воздухе, воде, строительных материалах.

Радон и продукты его распада, попадая при вдыхании в организм человека, определяют примерно половину эффективной эквивалентной дозы от всех естественно-природных источников ионизирующего излучения. При повышенных концентрациях радона в воздухе могут возникнуть опасные для человека заболевания.

В настоящее время в мире накоплен достаточный научный и практический опыт по работам, связанным с проблемой радона, которая является сложной, многогранной и междисциплинарной проблемой.

Природный радон является одним из промежуточных продуктов распада в цепочках радиоактивных превращений элементов уранового, ториевого и актинового рядов. Различают радон-222, радон-220 (торон), радон-219(актинон). В дальнейшем под термином «радон» будет подразумеваться радон-222<sup>[1]</sup>.

Являясь благородными газами, изотопы радона химически очень слабо взаимодействуют с элементами окружающей среды. Поэтому они достаточно легко проникают в атмосферный воздух из почв, из строительных материалов и радоновых водных источников.

В здание радон из почвы может поступать как непосредственно с атмосферным воздухом, так и через микротрещины в материалах фундамента. Наибольшее количество радона может выделяться из почвы, содержащей кварцевые глинистые сланцы, и с участков, имеющих гранитные породы с высоким содержанием урана.

Из строительных материалов, содержащих в значительных количествах радий-226 и обладающих наибольшей эманионной способностью, отмечают бетон на основе кварцевых глинистых сланцев, гипс побочного производства (фосфорит), золу из отходов ТЭС.

В грунтовых водах концентрации радона могут достигать от 40000 Бк/м<sup>3</sup> до 100000 Бк/м<sup>3</sup>, в то время как в поверхностных водах эта величина обычно находится в диапазоне (10 – 1000) Бк/м<sup>3</sup>.

При сжигании природного газа в кухонных плитах содержащийся в газе радон выделяется в помещение. Концентрации радона в природном газе могут варьироваться в очень широких пределах и достигать значений 50 кБк/м<sup>3</sup>.

Согласно данным НКДАР ООН поступление радона в среднестатистический стандартный жилой дом составляет: подстилающий грунт – 42 Бк/м<sup>3</sup>ч; строительные материалы – 6,4 Бк/м<sup>3</sup>ч; наружный воздух – 5 Бк/м<sup>3</sup>ч; природный газ -0,3 Бк/м<sup>3</sup>ч; вода – 0,1 Бк/м<sup>3</sup>ч. Видно, что наибольший вклад вносит поступление радона из подстилающего грунта.

Следует отметить, что соотношение между источниками радона в помещениях может значительно изменяться в зависимости от специфических особенностей помещения. Поэтому вклад каждого отдельного источника целесообразно оценивать отдельно.

При попадании внутрь помещения радон может удаляться вентиляцией, распадаться в воздухе помещений, адсорбироваться пористыми поверхностями помещений и распадаться в их материале. После распада атома радона его дочерние продукты распада (ДПР) могут быть вовлечены в следующие процессы:

- 1) вынос за пределы помещения в свободном и связанном состояниях системами вентиляции;
- 2) осаждение на поверхностях помещений в свободном и связанном состояниях;
- 3) присоединение к аэрозольным частицам (связанное состояние);
- 4) освобождение частицы от аэрозоля при образовании атомов отдачи.

Радон и продукты его распада за счет ионизирующего излучения могут вызвать внешнее и внутреннее облучение человека. Под внутренним понимается излучение, обусловленное радоном и ДПР, попавшими в организм человека вместе с водой, воздухом, пищей. По данным зарубежных авторов<sup>[2 - 4]</sup>, при исследованиях воздействия радона, находящегося в воздухе помещений, внешним облучением, по сравнению с внутренним, можно пренебречь.

Радон, поступающий через органы дыхания, постоянно присутствует в легких человека в концентрации, соответствующей концентрации в воздухе помещения. Частично происходит растворение радона в мягких тканях. Обычно коэффициент растворимости радона в мягких тканях принимают равным 0,4.

Продукты распада радона вместе с атмосферным воздухом также попадают в организм человека. Однако, если радон как инертный газ не накапливается в организме, то ДПР в виде аэрозолей осаждаются на слизистой, бронхах, в желудке.

Существует достаточно много способов, позволяющих уменьшить проникновение радона в помещение из почвы и снизить его концентрации в помещении в десятки и сотни раз.

Среди этих способов можно отметить следующие:

- 1) Вентиляция подвальных помещений.
- 2) Отвод радона из почвы под фундаментом с помощью специальных магистралей.
- 3) Заделка стен, трещин и отверстий в фундаменте и т. д.
- 4) Использование специальных радононепроницаемых покрытий.
- 5) Установка «радоновых колодцев».
- 6) Использование специальных установок для очистки воздуха от ДПР.

Выбор конкретных мер осуществляется по результатам детальных исследований с учётом специфики пребывания людей в помещении.

В Российской Федерации в настоящее время для оценки уровней содержания радона в зданиях используются «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)». Согласно этому документу, «при проектировании новых зданий жилищного и общественного назначения среднегодовая эквивалентная равновесная концентрация радона в воздухе помещений не должна превышать 100 Бк/м<sup>3</sup>. В эксплуатируемых зданиях -200 Бк/м<sup>3</sup> воздуха. При больших значениях объемной активности должны проводиться защитные мероприятия, направленные на предотвращение поступления радона в воздух жилых помещений и улучшение вентиляции помещений».

Для первичного обследования используются грубые экспресс-методы. В помещении, где необходимы немедленные действия, проводятся детальные исследования. В помещениях, где меры нужно принять в течение нескольких месяцев или лет, устанавливаются пассивные индикаторы содержания радона.

При проведении детальных исследований в первую очередь проводят точное определение доз. Для этого необходимы, как измерения концентрации радона в воздухе, так и измерения скрытой энергии альфа-излучения. Если полученная оценка

доз подтверждает необходимость принятия специальных мер, то дальнейшие исследования проводят с целью разработки оптимального комплекса мер для данного конкретного помещения.

Для защиты зданий от проникновения радона используются специальные конструкции и материалы. Для герметизации швов используются специальные эластичные замазки и пластмассовые уплотнители. Обращает на себя внимание использование для утепления и герметизации перекрытий битумизированного войлока, покрытого алюминиевой фольгой. Этот материал является наиболее эффективным предохранителем попадания радона в помещения через перекрытия.

Основные принципы проектирования вентиляции в помещениях с повышенным содержанием радона должны удовлетворять двум основным условиям: во-первых внутри помещений должно быть небольшое избыточное давление по сравнению с давлением атмосферного воздуха за пределами здания, и во-вторых поток приточного наружного воздуха должен проходить по полу помещения. Первое условие препятствует проникновению радона из атмосферного воздуха в помещение через окна. Второе условие учитывает тот факт, что радон является газом тяжелее воздуха и концентрируется внизу помещения.

Одним из наиболее эффективных является метод отвода радона из-под перекрытий первого этажа. Воздух из-под перекрытий отводится с помощью специальных вентиляционных магистралей за пределы зданий. При этом в зависимости от конструкции здания используются различные схемы отвода воздуха (по размещению вентиляционных магистралей и воздуховодов).

Понизить концентрацию радона в зданиях позволяет применение радоновых колодцев. Радоновый колодец – это колодец, выкопанный на глубину 4 м на расстоянии 10-60 м от дома. В колодце устанавливается мощный вентилятор, который выводит радон из почвы наружу. Радоновые колодцы могут понизить уровень концентрации радона на 92% в пределах 60 м от колодца при условии высокой проницаемости почвы.

Понижение концентрации радона позволяет применение радонособирающей системы под фундаментом и герметизация фундамента и перекрытий. Принцип действия радонособирающей системы заключается в следующем. В пространстве под фундаментом с помощью центробежного вентилятора создается пониженное по сравнению с помещениями давление воздуха. При этом выделяющийся из почвы радон выбрасывается в атмосферу.

Ввод в действие радонособирающей системы, состоящей из пяти воздухозаборников, позволяет снизить концентрации радона в помещениях первого этажа в 10 и более раз.

Приведенные выше примеры достаточно наглядно показывают, что применение тех или иных мер эффективно снижает содержание радона и торона в воздухе помещений. Вопрос выбора конкретных мер определяется во многом размерами финансирования ремонтно-строительных и вентиляционных мероприятий.

В заключении необходимо подчеркнуть, что радон можно достаточно просто и без особых затрат обнаружить и, что самое главное, выделить дома, где радон присутствует в опасных концентрациях. Проверить помещения жилого дома на содержание радона относительно недорого и быстро. В то же время риск для здоровья, если этого не сделать, очень большой. На сегодняшний день в мире накоплен достаточно большой опыт ремонтно-строительных и вентиляционных мероприятий, позволяющих снизить концентрацию радона в воздухе помещений.



### Список литературы

1. Радон [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Радон>
2. Alberg AJ., Samet JM. Epidemiology of Lung Cancer. Chest. 2003; 123:21-49.
3. U.S. National Institutes of Health. National Cancer Institute. Factsheet; Radon and Cancer: Questions and Answers. July 13, 2004. Accessed on November 17, 2009.
4. Steindorf K., Lubin J., Wichmann H.E., Becher H. Lung Cancer Deaths Attributable to Indoor Radon Exposure in West Germany. // Intern. J. Epidemiol. 1995. V. 24. № 3. P. 485–492.



## ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ПЕРИОДИЧЕСКОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ПОДЗЕМНОГО ТРУБОПРОВОДА, УЛОЖЕННОГО В МЕРЗЛЫЙ ГРУНТ

Мизгирёв В.В.

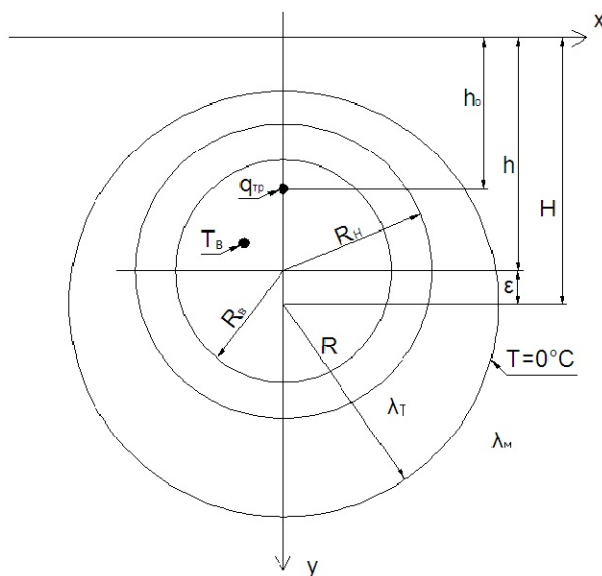
научный руководитель канд. техн. наук Карпов В.И.

*Сибирский федеральный университет*

При эксплуатации инженерных сетей тепло, водо - и газоснабжения бесканальной прокладки в условиях вечно-и сезонномерзлых грунтов зачастую встает задача прогноза теплового влияния трубопроводов на грунты оснований. При этом наблюдается следующая картина: в начальный период работы подземного трубопровода в зимнее время вокруг него образуется ореол талого грунта, далее, в случае остановки движения продукта, образовавшийся талик начинает замерзать при одновременном понижении температуры среды, находящейся внутри трубопровода<sup>[1]</sup>. Таким образом, при эксплуатации периодически действующих подземных трубопроводов встает необходимость решения двух теплофизических задач:

- 1) расчет процесса оттаивания мерзлого грунта вокруг трубопровода при движении внутреннего продукта (теплоносителя);
- 2) оценка времени замерзания образовавшегося талика и динамики понижения температуры продукта внутри трубопровода при его остановке.

Точное решение первой задачи получено в работе<sup>[2]</sup> методом вспомогательных температур. Решение же второй задачи, насколько это известно авторам, приведено в работах<sup>[3, 4]</sup> без учета фазового перехода грунтовой влаги в зоне действия нулевой изотермы. Следует сказать, что точное решение второй задачи является особенно важным, т.к. с его помощью производится прогноз допустимого времени остановки трубопровода для проведения ремонтных работ в зимнее время, что в условиях сурового климата является в высшей степени ответственным мероприятием. Схема постановки поставленных задач приведена на рисунке 1.

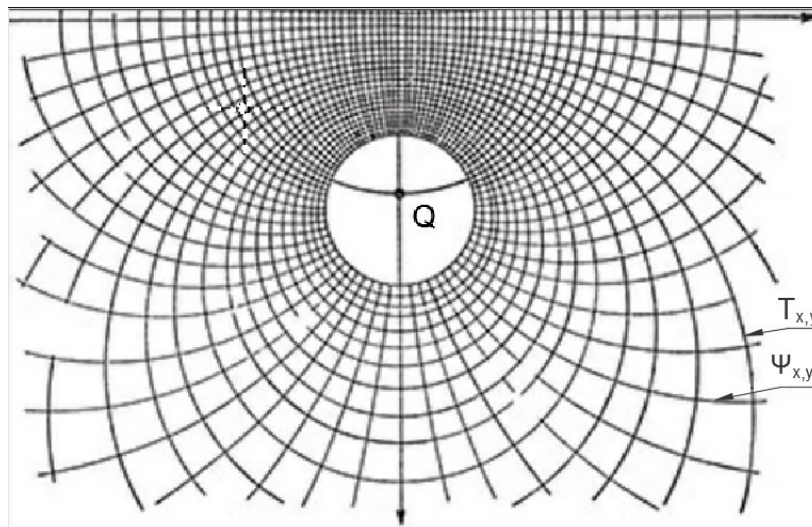


**Рис.1 – Расчетная схема теплового режима трубопровода в тало-мерзлом грунте**

Как следует из рисунка, рассматриваемая область теплообмена представлена тремя специфическими зонами: сечения самого продуктопровода, талого и мерзлого грунта. Причем, талая зона имеет вид эксцентрического кольца. Согласно данным<sup>[5]</sup> показано, что температурное поле трубопровода в полубесконечном массиве имеет вид эксцентрических окружностей (рисунок 2) с осевым центром с координатой  $x_0 = 0$  и глубиной заложения условного линейного источника, определяемой по формуле:

$$y_0 = h_0 = \sqrt{(h^2 - r^2)}, \quad (1)$$

где  $h_0$  – глубина заложения условного линейного источника, заменяющего трубопровод, м;  $h$  – фактическая глубина заложения центра продуктопровода, м;  $r = R_n$  – радиус трубопровода, оказывающего тепловое влияние на окружающий грунт, м.



**Рис.2 – Сетка комплексного потенциала теплопроводности в полубесконечном массиве ( $T_{x,y}$ -изотермы;  $\Psi_{x,y}$ -линии теплового потока)**

По аналогии для любой изотермической окружности вокруг трубопровода в полубесконечном массиве будем иметь:

$$h_0 = \sqrt{(H^2 - R^2)}, \quad (2)$$

где  $H$  – глубина заложения центра какой-либо изотермы, в частности рассматриваемой трубы, м;  $R$  – радиус какой-либо изотермы, в частности для трубы радиусом  $R = r$ , м.

Таким образом, предполагается, что полюс всех линий теплового тока, выходящих из линейного теплоисточника, будет иметь одни и те же координаты для всех изотерм.

Из (2) имеем:

$$H = \sqrt{(h_0^2 + R^2)}. \quad (3)$$

С учетом этого величина эксцентриситета в зоне талого грунта определится как

$$\varepsilon = H - h, \quad (4)$$

где  $H$  – глубина заложения центра какой-либо изотермической окружности, включая нулевую, с радиусом  $R$ .

Тогда зависимость термического сопротивления зоны талого грунта вокруг трубы будет иметь вид<sup>[6]</sup>:



$$R_t = (0,5 \cdot \pi \cdot \lambda_T) \cdot A_{rch} \cdot \left[ \frac{R^2 + r^2 - \varepsilon^2}{2R \cdot r} \right], \quad (5)$$

где  $\lambda_T$  – теплопроводность талой зоны грунта, Вт/(м·°С).

С учетом последнего, тепловой поток от продуктопровода к нулевой изотерме (Т=0) примет значение:

$$Q_t \frac{T_B - 0}{R_{ст} + R_t}, \quad (6)$$

где  $R_{ст}$  – термическое сопротивление стенки трубы, (м<sup>2</sup>·К)/Вт, определяемое как:

$$R_{ст} = (0,5 \cdot \pi \cdot \lambda_{ст}) \cdot l_n \cdot \left( \frac{R_H}{R_B} \right), \quad (7)$$

где  $\lambda_{ст}$  – теплопроводность материала стенки трубы, Вт/(м·°С);  $R_B$ ,  $R_H$  – соответственно внутренний и наружный радиус стенки, м;  $T_B$  – температура продукта внутри трубопровода, °С.

Предложенная схематизация также предполагает, что тепловой поток, подводимый к нулевой изотерме изнутри талой зоны, подходит к данной изотерме по нормали вдоль линий теплового тока, выходящих из полюса ( $x_0$ ,  $y_0$ ).

С учетом вышеизложенного, дифференциальное уравнение продвижения нулевой изотермы во времени можно представить в виде:

$$\frac{dR}{dT} \cdot q \cdot 2\pi \cdot R = Q_t - Q_x, \quad (8)$$

где  $Q_x$  – тепловой поток от нулевой изотермы в мерзлый грунт, определяемый как:

$$Q_x = [0,5 \cdot \pi \cdot \lambda_m \cdot A_{rch} \cdot \left( \frac{H}{R} \right)]^{-1} \cdot (0 - T_x), \quad (9)$$

где  $\lambda_m$  – теплопроводность мерзлого грунта Вт/(м·°С);  $q$  – теплота фазового перехода воды в лед и обратно;  $T_x$  – температура мерзлого грунта в естественном состоянии на глубине заложения оси трубы, °С;  $R$  – текущее значение радиуса нулевой изотермы.

Необходимо отметить, что с течением времени изменяется не только размер радиуса  $R$ , но и глубина центра нулевой изотермы  $H$ , функционально связанная с радиусом выражением (3). То же самое можно сказать и о параметре  $\varepsilon$ .

Таким образом, поставленная задача формулируется в квазистационарной постановке, правомерность которой доказана многочисленными исследованиями<sup>[7]</sup>.

При численном интегрировании уравнения (7) на первом шаге принимается: при  $\tau = 0$   $R = R_H$ ,  $H = h$ . Вычисления радиуса  $R$  заканчиваются при выполнении условия  $|Q_t - Q_x| < \delta$  где  $\delta$  – достаточно малая величина.

Размер максимального радиуса протаивания (нулевой изотермы)  $R_0$  мерзлого грунта вокруг трубы определяется при условии ( $dR/d\tau$ ), тогда искомая величина  $R = R_0$  находится из численного решения трансцендентного уравнения:

$$Q_t = Q_x. \quad (10)$$

Имея размер  $R_0$ , можно определить величину максимальной глубины протаивания мерзлого грунта под трубопроводом:

$$H_0 = H + R_0. \quad (11)$$

Расчет динамики замерзания талика вокруг трубы и понижение температуры продукта в трубопроводе во время остановки основывается на численном решении следующей системы дифференциальных уравнений:

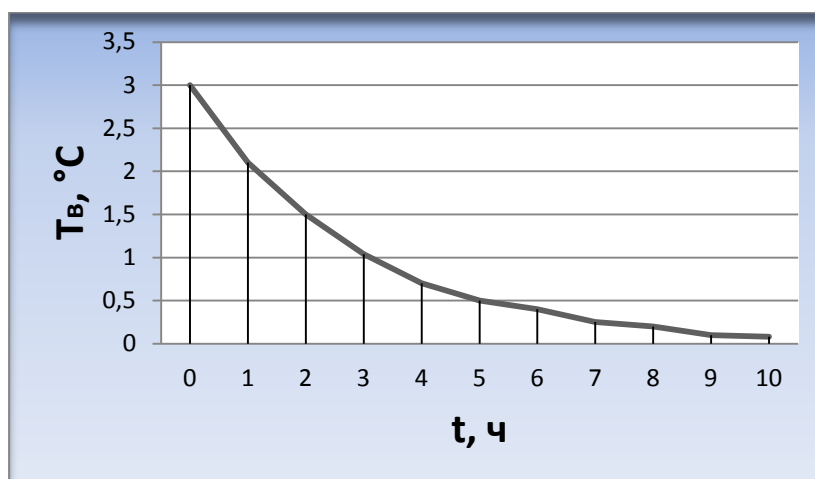
$$\frac{dR}{d\tau} \cdot q \cdot 2\pi \cdot R = Q_x - Q_t. \quad (12)$$

$$\frac{dT_B}{d\tau} = \frac{(T_B - 0)}{[(R_T + R_{CT}) \cdot (c_B \cdot V_B \cdot \rho_B)]}, \quad (13)$$

где  $c_B$  – теплоемкость воды, Втч/(кг<sup>0</sup>С);  $\rho_B$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $V_B$  – линейный объем воды в трубопроводе, м<sup>3</sup>.

Здесь в качестве начальных условий принимается следующее: при  $\tau = 0$   $R=R_0$ ,  $T_B=T_{B,н}$ . Расчет продолжается до тех пор пока не будет выполнено условие  $T_B \approx T_{кр}$ , где  $T_{кр}$  – критическая температура продукта, например, для водопровода можно назначить  $T_{кр}=0$  °С. Во время расчета программно суммируется время от начала процесса остановки трубопровода до момента появления в нем критической температуры.

Для численного решения системы (12) – (13) использован метод Эйлера. Реализация алгоритма решения данной задачи произведена с помощью разработанной компьютерной программы, составленной на языке TURBOBASIC. На рисунке 3 приведена графическая интерпретация результатов расчета. При этом были использованы следующие исходные данные:  $R_H=0,16$  м;  $R_B=0,15$  м;  $\lambda_{CT}=0,4$  Вт/(м<sup>0</sup>С);  $\lambda_M=1,75$  Вт/(м<sup>0</sup>С);  $\lambda_T=1,5$  Вт/(м<sup>0</sup>С);  $T_{B,0}=3^0$ С;  $T_x=-5^0$ С;  $h=1,2$  м;  $c_B=1,163$  Вт·ч/(кг<sup>0</sup>С);  $\rho_B=1000$  кг/м<sup>3</sup>; транспортируемый продукт-вода; материал трубы-пластик.



**Рис.3 – Изменение температуры теплоносителя во время остановки**

### Список литературы

1. Каменский Р.М. Тепловое взаимодействие подземных трубопроводов с мерзлыми грунтами при периодической работе. Журнал “Колыма”, №7, 1964.
2. Порхаев Г.В. Методика теплотехнических расчетов теплового взаимодействия нефте- и газопроводов с промерзающими и протаивающими грунтами. В кн.: Материалы к учению о мерзлых зонах земной коры. Вып. VIII. М., 1962, с.75-111.
3. Аронов Проектирование водоводов. М.: Стройиздат, 1953. -232 с.
4. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: Справочное пособие. М.: Энергоатомиздат, 1990.-367 с.
5. Шорин С.Н. Теплопередача. М.: Высшая школа, 1965.- 490 с.
6. Пехович А.И., Жидких В.М. Расчеты теплового режима твердых тел. Л.: Энергия, 1976.- 352 с.
7. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967.- 600 с.

## К ВОПРОСУ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

**Никитин В.С.**

**научный руководитель д-р техн. наук Липовка Ю.Л.**

*Сибирский федеральный университет*

Одной из основных финансовых нагрузок для населения нашей страны является оплата за тепловую энергию, стоимость которой особенно в последние годы постоянно растет, но одновременно с ростом цен не происходит усовершенствования устаревших и малоэффективных технологий, качество и надежность систем теплоснабжения остаются в лучшем случае на одном уровне из года в год.

В отечественных системах централизованного теплоснабжения применяется, как правило, качественное регулирование тепловой нагрузки, которое предусматривает изменение температуры теплоносителя в пределах от 70°C до 150°C в зависимости от температуры наружного воздуха при постоянном расходе теплоносителя<sup>[1]</sup>. Преимуществом качественного регулирования тепловой нагрузки является стабильность выбранного гидравлического режима системы теплоснабжения, а недостатками являются низкая надежность пиковой тепловой мощности, необходимость применения дорогостоящих методов обработки и нагрева подпиточной воды теплосети, а также большая инертность регулирования тепловой нагрузки.

Структурные изменения в системах теплоснабжения являются назревшей необходимостью, но они не должны происходить стихийно и затрагивать только коммерческие интересы отдельных топливных, генерирующих или коммунальных компаний, а должны опираться на принцип комплексного развития систем энерго- и теплоснабжения, соответствовать сегодняшнему уровню развития техники, всецело использовать преимущества теплофикации, повышать надежность и экономичность теплоснабжения, заложить основы для создания и строительства новых энергоэффективных зданий и систем теплоснабжения исходя из долгосрочной перспективы, а не получения максимальной экономии и выгоды от строительства в настоящее время.

Энергоэффективные здания представляют собой комплексную проблему, которая должна решаться, в том числе на уровне органов местного самоуправления при согласовании проектов застройки и включает в себя архитектурно-планировочные, строительные и теплотехнические решения зданий, ведение технологического процесса, расположение объектов на местности по отношению к сторонам света, источникам энергоснабжения и обустройство элементов систем инженерного обеспечения заданного микроклимата и их эффективную эксплуатацию<sup>[2]</sup>.

Например, человек, покупающий квартиру с огромными панорамными окнами, должен понимать, что сопротивление теплопередаче окон меньше сопротивления теплопередаче наружных стен почти в пять-шесть раз и соответственно тепловые потери в холодный период года и теплопоступления за счет солнечной радиации в теплый период возрастают и, как следствие, стоимость эксплуатации систем обеспечения микроклимата значительно увеличиваются.

Для определения расхода теплоты каждой квартирой и понимания населением «за что же мы все-таки платим», в жилых домах необходимо предусматривать устройство учета теплоты индикаторами расхода теплоты на каждом отопительном приборе или системе поквартирного отопления, ведь только при такой условии жители будут заинтересованы в экономии теплоты. Уходя из дома на несколько часов или

уезжая, например, в отпуск собственник квартиры за счет снижения температуры на несколько градусов в состоянии будет сэкономить денежные средства, а при аварийном отключении системы теплоснабжения избежит сложной процедуры перерасчета за недополученное отопление от коммунальных служб.

К структурным изменениям так же относится переход от получившей широкое распространение в практике теплоснабжения открытых систем, отличающихся простотой и сравнительно низкой стоимостью индивидуальных тепловых пунктов, малыми площадями для размещения их оборудования, к закрытой системе теплоснабжения, которая является наиболее современной и энергетически эффективной в целом<sup>[3]</sup>.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что реализация долгосрочного и полноценного процесса модернизации может начаться только на уровне государственного регулирования, так как будет включать в себя в первую очередь огромные начальные (для каждого проекта) капиталовложения, пользу от которых должны будут получить жители путем улучшения качественных параметров услуги, энергосбережения и уменьшения количества потребленного ресурса, что, несомненно, является не выгодным для теплоснабжающих организаций, которые, принимая во внимание абсолютную потребность в услуге на протяжении 8-9 месяцев в году, будут стараться сохранить уровень своей финансовой стабильности<sup>[4]</sup>.

Обязать коммерческие организации провести модернизацию за свой счет в полном объеме будет означать включение в действующий тариф всех расходов и соответственно бремя необходимого развития ляжет на плечи жителей, что в нынешних экономических условиях приведет к краху понятия энергоэффективности<sup>[5]</sup>.

Для решения проблемы в первую очередь предлагаю пересмотреть понятие программы капитального ремонта в пользу увеличения его стоимости с условием включения программы модернизации, начиная с объектов жилищного фонда – многоквартирных домов.

### Список литературы

1. А.В. Спиринов, В.А. Ильина. Управление централизованным теплоснабжением. Сантехника, отопление, кондиционирование, 2013. № 2 (134). С. 68-69;
2. В.С. Мокроусов. Критерии эффективности систем теплоснабжения. Технические науки - от теории к практике, 2012. № 12. С. 55-60;
3. Е.В. Терехов. Исследование энергоэффективности централизованных систем теплоснабжения. Сантехника, отопление, кондиционирование, 2013. № 1 (133). С. 96-103.
4. С.А. Тихомиров, А.И. Василенко. Проблемы перехода на закрытые системы теплоснабжения. Инженерный вестник Дона, 2013. Т. 27. № 4. С. 285.
5. Ю.А. Колыхаева, А.В. Сыроежкина, Эффективное теплоснабжение: проблемы и перспективы развития в Сибири в сборнике: Проблемы экономики и управления строительством в условиях экологически ориентированного развития материалы Всероссийской научно-практической онлайн-конференции с международным участием и элементами научной школы для молодежи. ФГБОУ ВПО «Байкальский государственный университет экономики и права», ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет», ФГБОУ ВПО «Томский государственный архитектурно-строительный университет». Иркутск, 2014. с. 221-226.

## **ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНЫХ СХЕМ ПРИСОЕДИНЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ К ТЕПЛОВЫМ СЕТЯМ**

**Петрова И.Ю.**

**научный руководитель д-р техн. наук Липовка Ю.Л.**

*Сибирский федеральный университет*

Современный мегаполис не может обходиться без развитой системы централизованного теплоснабжения, которая с точки зрения термодинамической эффективности является самой предпочтительной в современных условиях. Неэффективное теплоснабжение приводит к огромному перерасходу энергетических, материальных и финансовых ресурсов. Большинство действующих в городах России систем теплоснабжения спроектированы и построены несколько десятилетий назад, поэтому имеют высокую степень физического и морального износа — по некоторым экспертным оценкам, до 70 % и более. Устаревшие системы теплоснабжения подвержены частым авариям, не способны обеспечить требуемых параметров теплоносителя и нуждаются в модернизации или полной замене. Эффективность функционирования систем централизованного теплоснабжения во многом зависит от режимов работы тепловых сетей и систем теплоснабжения. Поэтому задача оптимизации режимов, проведения наладки и регулирования тепловых и гидравлических режимов в сложных системах крупных городов является весьма актуальной.

Схему присоединения систем теплоснабжения к тепловым сетям определяют видом тепловой нагрузки, температурным и пьезометрическим графиками работы тепловой сети.

Системы отопления присоединяют к тепловым сетям непосредственно без смешения, если температура воды в системе отопления не ограничена (вокзалы, бассейны, бани, прачечные, торговые помещения, здания общественного питания, производственные помещения). Если расчетная температура воды в местной системе ниже расчетной температуры воды в тепловой сети, в тепловом пункте предусматривают смесительные устройства — элеваторы или насосы. Расчетные температуры воды в системах отопления зависят от назначения зданий и помещений.

Практически все тепловые пункты абонентов, присоединенных к системам централизованного теплоснабжения, в большинстве случаев, оборудованы элеваторным тепловым вводом. Главное достоинство элеватора — он не потребляет энергии на свой привод. Элеватор — это простое, надежное и неприхотливое в эксплуатации устройство, для обслуживания которого не требуются высококвалифицированные специалисты. Основным недостатком элеватора — невозможность пропорционального регулирования тепловой мощности, так как при не изменяющемся диаметре отверстия соплового аппарата он имеет постоянный коэффициент смешения, а процесс регулирования предполагает возможность изменения этой величины. Для решения данной проблемы, элеватор заменяется насосом, а в системе устанавливается регулирующийся клапан, с помощью которого можно изменять расход воды, тем самым контролируя мощность.

Независимое присоединение местных систем применяют обычно в целях повышения надежности их работы. Эту схему используют для присоединения к тепловой сети: уникальных сооружений, местных систем со сложным переменным режимом, для зданий, требующих повышенной надежности работы систем отопления (музеи, архивы, библиотеки, больницы) или если давление в обратном трубопроводе

тепловой сети выше допустимого давления для систем отопления (больше 0,6 МПа)<sup>[1]</sup>. Сетевая вода из подающей линии поступает в теплообменник и нагревает воду местной отопительной системы. Циркуляция в системе отопления осуществляется циркуляционным насосом, который обеспечивает постоянный расход воды через нагревательные приборы. Система отопления может иметь расширительный сосуд, в котором содержится запас воды для восполнения утечек из системы. Он обычно устанавливается в верхней точке и подключается к обратной линии на всас циркуляционного насоса. Подпитка производится из обратной линии по перемычке, или с помощью подпиточного насоса, если давления в обратной линии недостаточно для заполнения расширительного сосуда. Расходомер на линии подпитки позволяет учитывать водоразбор из тепловой сети.

Важной частью ИТП является подсистема ГВС. При закрытой системе теплоснабжения системы горячего водоснабжения потребителей присоединяют к двухтрубным тепловым сетям через водонагреватели<sup>[2]</sup>. Водонагреватели в зависимости от величины соотношения максимальных часовых расходов теплоты на горячее водоснабжение и отопление присоединяют: 1) по двухступенчатым последовательной и смешанной схемам; 2) по параллельной схеме.

Отличительной особенностью работы двухступенчатого подогревателя горячего водоснабжения, включенного по последовательной схеме, является то, что вода из подающего трубопровода, пройдя подогреватель II ступени, поступает в систему отопления. Вода из системы отопления проходит через I ступень. Регулятор постоянства расхода настроен так, чтобы через систему отопления проходил суммарный расход сетевой воды на отопление и горячее водоснабжение. Последовательную схему включения подогревателей можно применять только с регулятором постоянства расхода.

Двухступенчатый подогреватель горячего водоснабжения, включенный по смешанной схеме, отличается от предыдущего тем, что сетевая вода, отдав часть своей теплоты на подогрев до необходимой температуры водопроводной воды во II ступени подогревателя, поступает в обратный трубопровод и затем вместе с обратной водой от системы отопления — в I ступень подогревателя. Установка регулятора постоянства расхода, настраиваемого на расчетный расход воды для системы отопления, необязательна. В летний период система отопления отключается хв[ ] и сетевая вода последовательно проходит через I и II ступени подогревателя. При параллельной схеме присоединения работа подогревателя горячего водоснабжения не зависит от работы системы отопления. По этой схеме присоединяются мелкие потребители (детские учреждения, предприятия общественного питания и т.п.). Преимущество двухступенчатой смешанной схемы по сравнению с параллельной — меньший расчетный расход сетевой воды благодаря частичному удовлетворению нагрузки горячего водоснабжения за счет теплоты воды, возвращаемой из системы отопления.

При открытой схеме теплоснабжения система горячего водоснабжения присоединяется непосредственно к подающей и обратной линиям на вводе<sup>[3]</sup>.

### Список литературы

1. Ильин Р.А., Столяров Д.В. Комплексная модернизация тепловых пунктов в системах централизованного теплоснабжения. Международный научный журнал «Символ науки», №12. С.42
2. Присоединение систем отопления к тепловой сети [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://santechnik.org.ua/stati/otoplenie/prisoedinenie-sis-otopleniya-k-teploseti>
3. Итоги реализации проекта по установке индивидуальных тепловых пунктов в многоквартирных домах [электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=3142](http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=3142)



## КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОНИКА ЭНЕРГИИ

Сысоев Д. А., Усачёв Р. И.

научный руководитель аспирант Калинин И. В.

Сибирский федеральный университет

Год от года тарифы на энергоносители продолжают расти. В виду этого, на сегодняшний день развитие технологий, основанных на использовании альтернативных источников энергии имеет большую актуальность.

Авторами данной статьи проведена работа, целью которой является разработка кондиционера с использованием альтернативного источника энергии – энергии солнца.

Как известно, кондиционер – устройство для поддержания оптимальных климатических условий в помещениях строительных сооружений, транспортных средств и другой техники<sup>[1]</sup>.

В простейшей форме, кондиционер предназначен для регулирования и поддержания заданной температуры воздуха в помещении. Наиболее широко кондиционеры используются для снижения температуры воздуха внутри помещений в жаркое время года и круглогодично в помещениях, где образуется избыточное тепло (информационно-вычислительные центры, вагоны метро, салоны самолётов, аудитории, зрительные залы и т. д.) или требуется поддержание определённой температуры (продуктовые склады, операционные). Кондиционеры с функцией теплового насоса наряду с охлаждением позволяют повышать температуру воздуха в холодное время года и могут использоваться как охлаждающий и отопительный прибор. Более сложные установки кондиционирования снабжены механизмами очистки воздуха от загрязняющих частиц, притока свежего воздуха, увлажнения воздуха, обогащения воздуха кислородом и другими функциями, повышающими качество воздуха<sup>[1]</sup>.

Наиболее распространены на сегодняшний день кондиционеры компрессорного типа, схема которого приведена на рисунке 1.

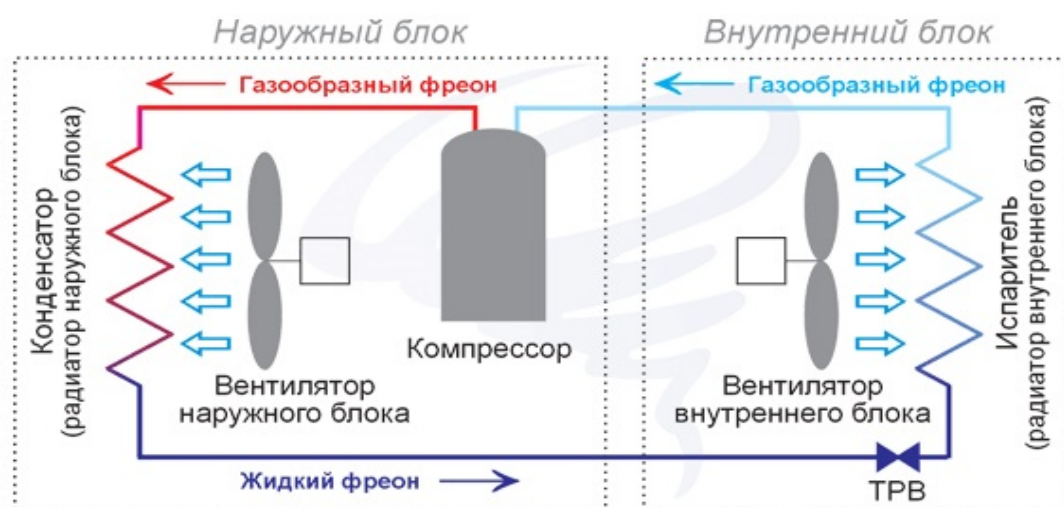


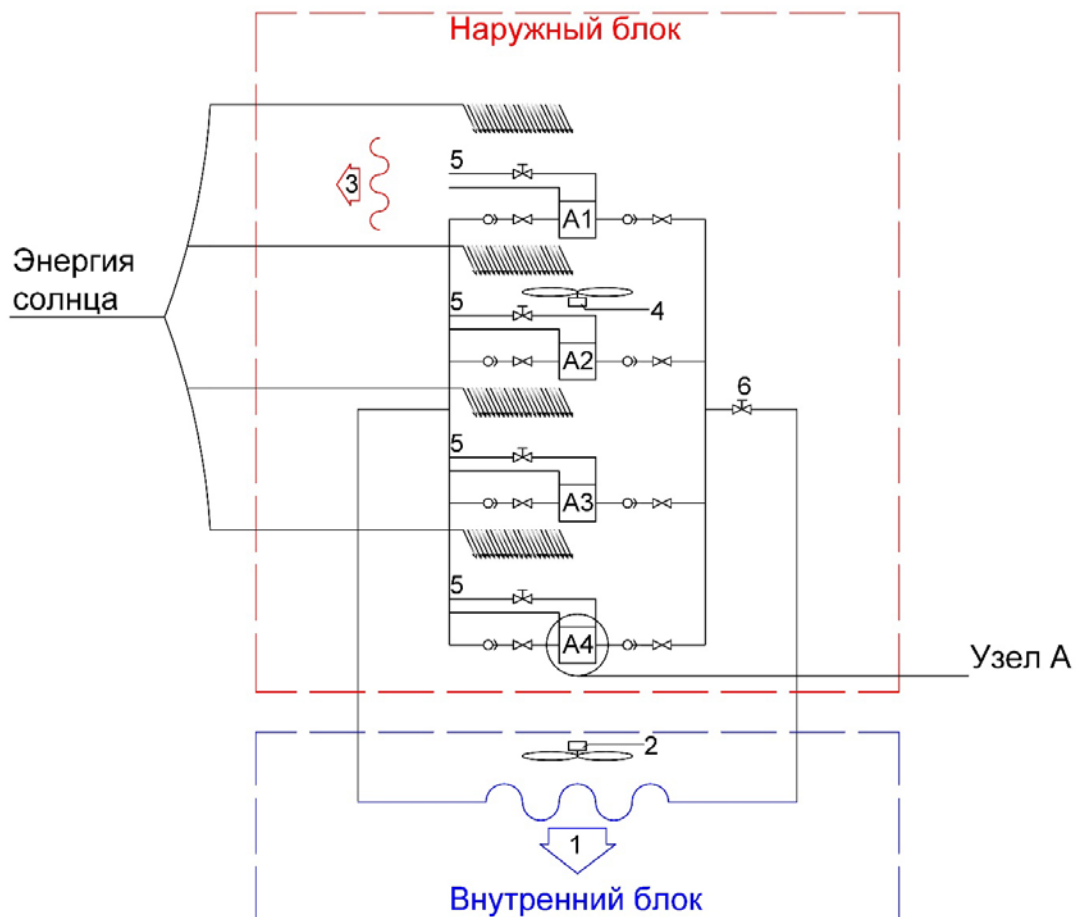
Рис.1 – Схема кондиционера компрессорного типа



Основными узлами любого местного кондиционера являются:

- 1) компрессор, который сжимает рабочее тело – холодильный агент (как правило, используется фреон) и поддерживает его движение по холодильному контуру;
- 2) конденсатор – расположенный во внешнем блоке радиатор, в котором происходит процесс перехода фреона из газообразной фазы в жидкую (конденсация);
- 3) испаритель — радиатор, расположенный во внутреннем блоке, в котором при резком снижении давления холодильный агент переходит из жидкой фазы в газообразную;
- 4) терморегулирующий вентиль – трубопроводный дроссель, который понижает давление холодильного агента перед испарителем;
- 5) вентиляторы, создающие поток воздуха, обдувающего испаритель и конденсатор, используются для более интенсивного теплообмена с воздухом окружающей среды.

Проведя анализ литературных источников, авторами был найден способ преобразования тепла в холод<sup>[2]</sup>, взятый за основу работы предлагаемого ими кондиционера. Схема работы кондиционера, предлагаемая авторами, приведена на рисунке 2.



**Рис.2 – Схема работы кондиционера с использованием энергии солнца: 1 – испаритель; 2 – вентилятор внутреннего блока; 3 – конденсатор; 4 – вентилятор наружного блока; 5 – солнечный коллектор; 6 – терморегулирующий вентиль.**

Данный кондиционер условно делится на две части:

- 1) внутренний блок (зона низкого давления);

2) наружный блок (зоны высокого давления).

Внутренний блок не имеет абсолютно никаких отличий от «классического» компрессорного кондиционера. Наружный блок состоит из четырёх одинаковых последовательно работающих узлов (узел А). Принцип работы наружного блока – последовательный нагрев данных узлов до необходимого давления.

Узел А – идеально-теплоизолированный цилиндр, в котором находится вода и холодильный агент, разделенные подвижным поршнем. Данный цилиндр нагревается при помощи теплоты, подводимой при помощи теплообменной трубки. В качестве энергии для нагрева предлагается использовать энергию солнца, которая при помощи солнечного коллектора может нагреть теплоноситель до 300 °С. При увеличении температуры до 300 °С в цилиндре, давление водяных паров может достигать 50 физ. атм, а при данном давлении происходит интересующий нас теплообмен наружного воздуха с внутренним.

Таким образом, в отличие от «классического» компрессорного кондиционера, схема работы кондиционера, предложенная авторами, отличается тем, что давление холодильного агента увеличивается не при помощи компрессора, а за счет увеличения температуры от солнечной энергии. Кроме того, в случае успешной дальнейшей работы по разработке данного кондиционера, возможно создание экономически выгодного и энергоэффективного устройства.

#### Список литературы

1. Кондиционер [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Кондиционер>
2. Пат. 2511333 РФ; заявл. 28.09.2012 г; опубл. 10.04.2014 г.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА

Титов В.Н.

научный руководитель д-р техн. наук Липовка Ю. Л.

*Сибирский федеральный университет*

Энергосбережение и рациональное использование энергоресурсов одна из важнейших задач в современной сфере коммунального хозяйства. Потребляются огромные топливные и энергетические ресурсы для производства и транспортировки тепловой энергии. С целью оптимизации работы энергосистем, разработано и разрабатывается различное количество математических моделей, в которых учитывается множество показателей, в том числе и влияние изменения параметров нагрузки на теплоноситель в течении суток. Принято считать, что пиковая нагрузка на систему теплоснабжения города приходится на утренний и вечерний час пик потребления горячего водоснабжения населением. Однако реалии современной застройки городов, подразумевают тесное соседство жилых, офисных и общественно деловых центров, что приводит к смещению потребления пиковой нагрузки системы теплоснабжения города.

Большинство современных офисных, общественно деловых зданий оборудованы системой приточно-вытяжной вентиляции. Подогрев приточного воздуха в этих установках за частую осуществляется горячей водой из центрального теплоносителя, так как это более дешевый вид теплового ресурса.

В качестве объекта исследования взято офисное здание, расположенное в городе Красноярске. Здание подключено к централизованной системе теплоснабжения. Воздухообмен обеспечивается приточно-вытяжной системой вентиляции с подогревом приточного воздуха водяным калорифером и рекуператором. Отопление здания осуществляется фанкойлами с уставкой поддержания температуры 21,5°C, ИТП автоматизирован, схема присоединения к тепловой сети – закрытая, независимая. Узел учета оборудован электромагнитными счетчиками и датчиками температуры, сбор данных производится с помощью тепловычислителя ВКТ-7. Режим работы сотрудников здания с 9:00 до 18:00. С целью экономии тепловых ресурсов, внедрен график включения и выключения приточно-вытяжной вентиляции: включается в 8:00 с уставкой поддержания приточного воздуха 22° С, и выключается в 19:00. Период измерения – с 10.03.2016г. по 15.03.2016г..

Взяв суточные почасовые показания прибора учета за отчетный период, и усреднив их, отслеживаются пиковые моменты нагрузки на систему теплоснабжения здания<sup>[1]</sup>. На рисунке 1 представлен график зависимости изменения тепловой нагрузки здания в зависимости от времени суток. На рисунке 2 представлен график изменения температуры воздуха внутри помещений в течении суток.



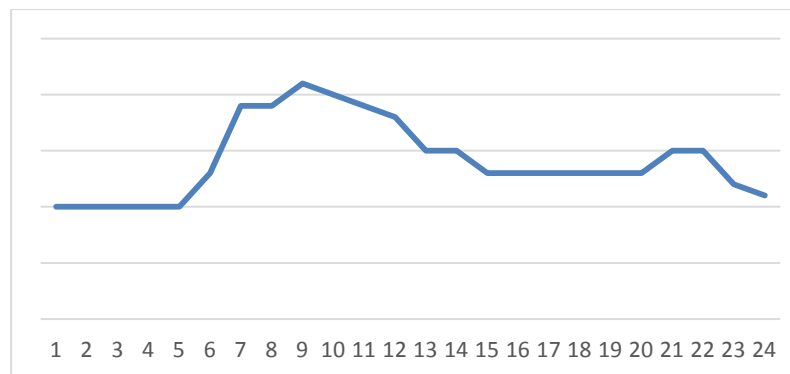
**Рис.1 – График тепловой нагрузки здания**



**Рис.2 – График изменения температуры внутри здания в течении суток**

Рассматривая график изменения температуры (рисунок 2) и потребления тепла (рисунок 1) зданием, прослеживается зависимость: после включения системы вентиляции, начинается увеличение температуры внутри здания до заданной, при этом происходит пиковое потребление тепловых ресурсов. Далее, после начала рабочего дня, температура внутри здания продолжает повышаться, за счет естественного поступления тепла от сотрудников, солнечной активности, а также от оборудования (компьютеры, принтеры), но потребление тепловых ресурсов начинает снижаться, происходит обратная зависимость.

Сопоставив полученные данные с ориентировочными почасовыми данными потребления тепловых ресурсов населением был построен график 3 (рисунок 3).



**Рис.3 – График изменения тепловой нагрузки города**

Из рисунка 3 видно, что потребление тепловых энергоресурсов города начинает расти с 6 утра и заканчивается в 10 часов. Далее идет снижение с небольшим увеличением в вечерний пик потребления населением горячей воды.

Учитывая данные показатели, теплоснабжающие организации могут корректировать температурный график сети не только в зависимости от температуры наружного воздуха, но и в зависимости от фактического потребления тепловых энергоресурсов, что позволит избежать «недотопов» в период активного потребления тепла, и «перетопов», в момент уменьшения потребления теплоносителя.

#### **Список литературы**

1 Ибрагимова О. А. Особенности расчета тепловых нагрузок при организации совместной работы ТЭЦ и районной котельной. Журнал Омский научный вестник, №103. С. 201-204.



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В РАБОТЕ КОНДИЦИОНЕРОВ

Четыркина М.С.

научный руководитель канд. техн. наук Панфилов В.И.

*Сибирский федеральный университет*

В современном мире остро стоит вопрос о нахождении и использовании новых, альтернативных источников энергии. Природные ресурсы исчерпаемы, атомная энергия проблематична и небезопасна. Что же может еще придти на помощь человечеству? Вариантами становятся энергия солнца, ветра, вод. Многими учеными в разных странах мира уже изучаются эти сферы, и людьми уже пожинаются плоды их деятельности. Прогресс не стоит на месте и в области микроклимата зданий и сооружений. Эта сфера, являясь необходимой частью для нормальной жизнедеятельности человека, при этом нуждающаяся в больших затратах энергии, тоже требует новых решений. В данной работе хотелось бы конкретно уделить внимание применению солнечной энергии в кондиционирование воздуха.

Фактически неисчерпаемым источником энергии можно считать энергию солнца. Ее можно использовать прямо, посредством улавливания техническими устройствами, или через косвенные процессы, связанные с солнечным излучением. Использование с пользой для человека солнечного тепла является доступным вариантом получения энергии. Ведь оно практически всегда в открытом доступе.

Вопрос использование солнечной энергии в кондиционировании воздуха возникает сам собой. Ведь вполне объяснимо, именно в солнечный день потребность в кондиционировании наиболее велика. Таким образом, привязать работу кондиционера к солнцу было бы весьма логично: есть солнце — нужно охлаждение, нет — нет и потребности в холоде. Исходя и таких соображений уже создано несколько различных вариантов кондиционеров использующих частично или полностью солнечную энергию<sup>[1]</sup>.

Принципиально солнечные кондиционеры можно разделить на две группы. Представители первой, активные солнечные кондиционеры, используют солнечную энергию напрямую — как тепловую. В свою очередь, пассивные солнечные кондиционеры используют энергию Солнца, преобразованную, как правило, в электричество<sup>[2]</sup>.

Примером активных солнечных холодильных машин являются абсорбционные чиллеры, использующие солнечное тепло<sup>[3]</sup>. Как известно, в абсорбционных машинах рабочим веществом является раствор из двух, иногда трех компонентов. Наиболее распространены бинарные растворы из поглотителя (абсорбента) и хладагента, отвечающие двум главным требованиям: высокая растворимость хладагента в абсорбенте и значительно более высокая температура кипения абсорбента по сравнению с хладагентом.

Для получения холода в абсорбционных холодильных машинах требуется тепловая энергия (как правило, используется бросовое тепло предприятий), которая подводится к генератору, где из рабочего вещества выкипает практически чистый хладагент, ведь его температура кипения гораздо ниже, чем у абсорбента. Несмотря на то, что абсорбционные чиллеры — весьма перспективная область развития холодильной техники, их применение ограничивается, как правило, промышленными объектами, так как только там есть достаточное количество бросового тепла. В то же время в абсорбционных солнечных кондиционерах тепловую энергию, подводимую к

генератору, получают от Солнца. Это позволяет расширить область применения абсорбционных машин и использовать их не только в промышленном секторе. Учитывая, что тепловая энергия, получаемая от Солнца, бесплатна, экономичность подобных решений в эксплуатации очевидна.

Пример установки абсорбционного chillера изображен на рисунке 1.

Абсорбционный chillер (АБХМ) представляет собой холодильную установку, в которой в качестве хладагента используется горячая вода, циркулирующая при температуре около 130° С или пар. В роли абсорбента в таких холодильных машинах выступают разные растворы, к примеру, бромид лития. Иными словами, в абсорбционных chillерах для охлаждения применяется не электричество, а вторичные источники энергии, что делает их крайне экономичными. Так, для работы установки с холодопроизводительностью в 1 МВт необходимо только 15 кВт энергии. В свете постоянного подорожания энергоносителей этот фактор дает абсорбционным холодильным установкам серьезное конкурентное преимущество.



*Рис.1 – Абсорбционный chillер*

Для подвода горячей воды, нагретой солнечным излучением, к chillерам можно использовать солнечные коллекторы<sup>[4]</sup>. Состоит коллектор из покрытого избирательного абсорбера, который в свою очередь поглощает солнечные лучи, трансформируя их в тепловую энергию. Для того чтобы свести к минимуму термические потери, такой коллектор помещается в термоизолированный ящик с прозрачными стенками. Теплоноситель, роль которого в основном выполняет смесь воды и антифриза, протекает через абсорбер. Циркуляция производится между резервуаром с горячей водой и коллектором. Запуск в действие термической солнечной установки производится посредством специального регулятора. Когда в коллекторе температура превышает температуру жидкости в резервуаре, включается насос, и теплоноситель переносит тепловую энергию в резервуар из коллектора.

Чаще всего абсорберы создают из большого количества металлических пластинок. Теплоноситель передается по трубкам к этим пластинкам, где и происходит

процесс теплообмена. Если заводить речь о листовом абсорбере, то здесь два металлических листа сваривают между собой таким образом, чтобы между ними мог циркулировать теплоноситель. Обычно в таком случае в качестве исходного материала используют алюминий и медь.

Пример установки солнечных коллекторов приведен на рисунке 2.



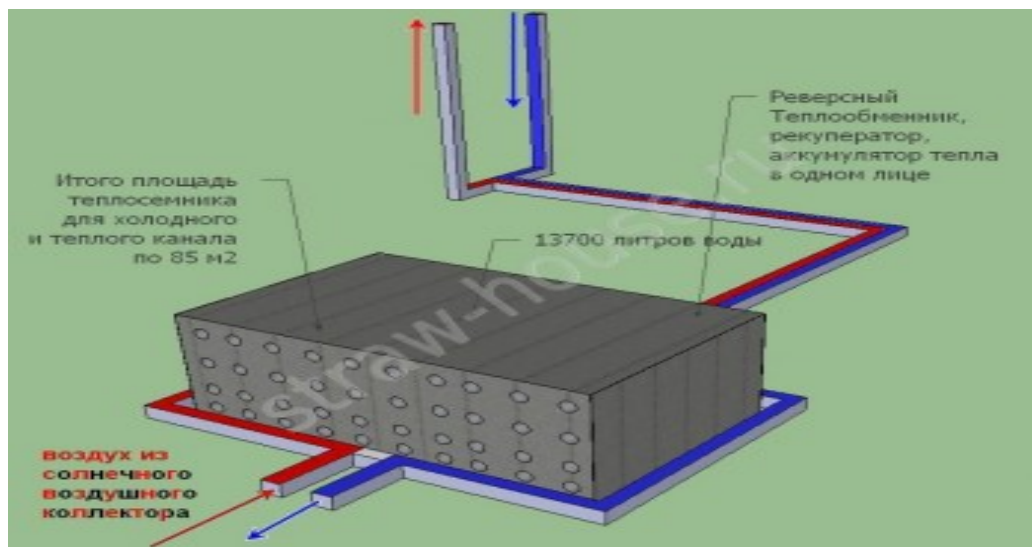
*Рис.2 – Установка солнечных коллекторов на крыше дома*

Солнечное излучение не происходит постоянно в течение суток, возможность его получения возможна только в дневные часы. Для накопления и использования в любое подходящее для пользователя время в систему включаются аккумуляторные установки. Использование эклектических аккумуляторов вещь затратная, ограниченная в использовании. Тем более в данной системе аккумулируется теплоноситель – нагретая вода в солнечном коллекторе. В этой ситуации на помощь могут прийти аккумуляторы тепла с использованием для этого ёмкость с водой или грунт<sup>[5]</sup>.

Уже разработан рекуператор – аккумулятор тепла, или теплообменник с рекуперацией и накоплением тепла. Самым логичным решением для аккумулирования тепловой энергии солнца во внушительных количествах по теплоемкости является вода, но не везде доступна в больших количествах, и в зависимости от технологии, объема бака, изоляции может быть дорого. Но самое дешевое и в тоже время доступное для аккумулирования тепла энергии солнца это земля, подземные каналы как искусственного, так и естественного происхождения.

Пронизывая грунты трубами с водой, легко организовать теплообмен с потребителем. Почва, грунт по многим физическим показателям, да и по химическому и агробиологическому составу, различны. Удельная теплоемкость воды в несколько раз больше чем у грунта, но доступность для большинства людей делают его очень привлекательным для изготовления аккумуляторов тепла солнца, технологичность его работ сохранность тепла больших объемов. Такого плана энергоаккумуляторы уже имеют место быть и могут стать отличной альтернативой привычному оборудованию. Пример грунтового аккумулятора представлен на рисунке 3.





**Рис.3 – Тепловой грунтовый аккумулятор**

Для применения солнечной энергии в кондиционирование созданы различные вариации установок: кондиционеры с частичной подпиткой от солнечных панелей, сплит-системы, совмещенные системы отопления и ГВС, непосредственно питание от солнца к вентилятору, компрессору и другие. Чем более сложна и более оборудована система (использование аккумулятора, дополнительных панелей), тем она дороже, но энергоэффективность системы выше<sup>[6]</sup>.

Есть возможность усовершенствовать солнечные установки путем затемнения поверхности, задействовать зеркальные поверхности для большего улавливания солнечных лучей. Так же провести работу над изучением используемых в установке материалов, нахождению экономически выгодных аналогов и внедрение новшеств. Но одно только появления работ в этой сфере вызывает большие надежды на улучшение уже существующих установок микроклимата, путем использования альтернативной энергии.

### Список литературы

1. Солнечные кондиционеры[электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.mir-klimata.info/archive/2012\\_3/solnechnie\\_kondicioneri/](http://www.mir-klimata.info/archive/2012_3/solnechnie_kondicioneri/)
2. Привычные устройства в необычном исполнении[электронный ресурс]. Режим доступа: <http://altenergiya.ru/sun/privychnye-ustrojstva-v-neobychnom-ispolnenii.html>
3. Абсорбционные чиллеры[электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.xiron.ru/content/view/32016/28/>
4. Солнечный коллектор: описание, классификация, отзывы[электронный ресурс]. Режим доступа: <http://energomir.net/alternativnaya-energetika/solnechnyj-kollektor-opisanie-klassifikaciya-otzyvy.html>
5. Аккумуляция энергии солнца[электронный ресурс]. Режим доступа: <http://straw-house.ru/akkumulirovanie-energii-solnca>
6. Альтернативные источники энергии[электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.energiya.by/shemyi-alternativnyih-istochnikov-energii-variantyi-podklyucheni/>

## ПОДБОР РЕГУЛИРУЮЩЕГО КЛАПАНА СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Швайковский Е. А.

научный руководитель д-р техн. наук Липовка Ю.Л.

Сибирский федеральный университет

В современных системах отопления широкое распространение получили регулирующие клапаны. Данные устройства пришли на смену дроссельным шайбам и элеваторным узлам как наиболее удобное средство для регулирования и настройки тепловых потоков в системе отопления.

Регулирующий клапан - это устройство для регулирования температуры, давления и расхода теплоносителя в системах отопления. Данные клапаны включаются в автоматические системы управления или регулирования и воздействуют на течение технологических или теплоэнергетических процессов согласно получаемому сигналу от контроллера.

Регулирующий клапан состоит из регулирующего органа (самого клапана), который изменяет сечение потока, и исполнительного органа (привода), который получает сигнал от контроллера и передает его регулирующему органу. Рассмотрим методики подбора регулирующего клапана и на их основе разработаем новый алгоритм подбора<sup>[1] - [5]</sup>.

Для подбора клапана нам необходимо определить  $K_{vs}$  клапана и перепад давления на клапане.

$K_{vs}$  – количество жидкости которую может пропустить клапан за один час, при перепаде давления на клапане в одну атмосферу.

Для подбора клапана необходимо знать следующие данные:

1. Максимальный расход теплоносителя в системе  $G_{max}$ , кг/час;
2. Перепад давления на регулируемом участке  $\Delta P_{py}$ , Па;
3. Сопротивление потребителя  $\Delta P_{potr}$ , Па.

Сопротивление потребителя определяется по функциональной схеме, где складываются все потери давления от установленного оборудования, арматуры, углов поворота, тройников, диаметров и длины трубопроводов и т. д. В случае, если сопротивление потребителя не известно, то условно принимают половину от перепада давления на регулируемом участке по следующему выражению:

$$\Delta P_{potr} = \Delta P_{py} \cdot 0,5, \quad (1)$$

где  $\Delta P_{py}$  - перепад давления на регулируемом участке, Па.

Минимальное расчетное значение перепада давления на регулирующем клапане определяется по формуле:

$$(\Delta P_{рктреб})_{min} = \Delta P_{py} - \Delta P_{potr}, \quad (2)$$

где  $\Delta P_{py}$  - перепад давления на регулируемом участке, Па;  $\Delta P_{potr}$  - сопротивление потребителя, Па.

Требуемое значение авторитета клапана определяется по формуле:

$$av_{треб} = \frac{(\Delta P_{рктреб})_{min}}{(\Delta P_{рктреб})_{min} + \Delta P_{potr}}, \quad (3)$$

где  $(\Delta P_{рктреб})_{min}$  – минимальное расчетное значение перепада давления на регулирующем клапане, Па;  $\Delta P_{potr}$  - сопротивление потребителя, Па.

Требуемая пропускная способность клапана определяется по формуле:

$$K_{vststp} = \frac{G_{max}}{\rho \cdot \sqrt{0,1 \cdot (\Delta P_{pктреб})_{min}}}, \quad (4)$$

где  $\rho$  - плотность воды, кг/м<sup>3</sup> при  $T_1$ ;  $(\Delta P_{pктреб})_{min}$  - минимальное расчетное значение перепада давления на регулирующем клапане, Па;

$G_{max}$  - максимальный расход теплоносителя в системе, кг/час.

Реальная пропускная способность клапана определяется по формуле:

$$K_{vs} = (0,9...1,0) \cdot K_{vststp} \cdot 1,2, \quad (5)$$

где  $K_{vs}$  треб - требуемая пропускная способность клапана, м<sup>3</sup>/час; 1,2 - коэффициент безопасности (запаса).

Расчетный перепад давления на клапане определяется по формуле:

$$\Delta P_{pк} = 0,1 \cdot \left( \frac{G_{max}}{K_{vs}} \right)^2, \quad (6)$$

где  $G_{max}$  - максимальный расход теплоносителя в системе, кг/час;  $K_{vs}$  - пропускная способность клапана, м<sup>3</sup>/час.

Определив пропускную способность клапана и расчетный перепад давления на нем, подбирается регулирующий клапан.

Из выше представленного подбора можно сделать вывод, что чем меньше потери давления на клапане, тем больше диаметр клапана.

Во всех рассмотренных мной методиках подбора клапана не уделяется должного внимания или вообще не выполняется проверка на надежность клапана, что является существенным недостатком рассмотренных методик. На практике многие проектировщики тоже не проверяют клапан на надежность, из-за чего многие системы ИТП работают некорректно или вообще не функционируют.

Предлагаю использовать, для проверки клапана на надежность следующее вооружение.

$$\Delta P_{py} \geq \Delta P_{pкп} + \Delta P_{потр}, \quad (7)$$

где  $\Delta P_{py}$  - перепад давления на регулируемом участке, Па;  $\Delta P_{pкп}$  - перепад давления на подобранном клапане, Па;  $\Delta P_{потр}$  - сопротивление потребителя, Па.

Перепад давления на подобранном клапане определяется по формуле:

$$\Delta P_{pкп} = 0,1 \cdot \left( \frac{G_{max}}{K_{vskлп}} \right)^2, \quad (8)$$

где  $G_{max}$  - максимальный расход теплоносителя в системе, кг/час;  $K_{vskлп}$  - пропускная способность выбранного клапана, м<sup>3</sup>/час.

Если выражение из формулы (6) не выполняется, то необходимо установить клапан большего диаметра.

Принятый к установке клапан так же необходимо проверить на возникновение кавитации при температуре теплоносителя 100 °С. Для этого должно выполняться следующее неравенство.

$$\Delta P_{pк} < \Delta P_{к}, \quad (9)$$

где  $\Delta P_{pкп}$  - перепад давления на подобранном клапане, Па;  $\Delta P_{к}$  - перепад давления на подобранном клапане, при котором возникает кавитация, Па.

Перепад давления на подобранном клапане, при котором возникает кавитация  $\Delta P_{к}$ , Па определяется по формуле:

$$\Delta P_{к} = K_{к} \cdot (P_1 - P_n) \cdot 10^6, \quad (10)$$

где  $K_k$  - коэффициент начала кавитации (для односедельного клапана он равен 0,6);  $P_1$  - абсолютное давление перед регулировочным клапаном, МПа;  $P_n$  - абсолютное давление насыщенного пара, при  $T_1$ .

Если необходимо, на регулируемом участке после потребителя теплоты устанавливается балансировочный вентиль или дроссельная шайба. Они необходимы для погашения перепада давления  $\Delta P_{ш}$ , Па.

$$\Delta P_{ш} = \Delta P_{ру} - \Delta P_{ркл} - \Delta P_{потр}, \quad (11)$$

где  $\Delta P_{ру}$  - перепад давления на регулируемом участке, Па;  $\Delta P_{ркл}$  - перепад давления на подобранном клапане, Па;  $\Delta P_{потр}$  - сопротивление потребителя, Па.

Рассмотрев различные методики можно сделать вывод о необходимости использования выражения (6) для проверки системы ЦТП и ИТП на работоспособность. В зависимости (8), (9) и (10) в основном применяется при подборе клапана в системах центрального теплоснабжения (ЦТП) с высокими значениями температур теплоносителя и большими расходами.

### Список литературы

1. Д. Г. Гилязов, М. А. Валиуллин Исследование гидравлических сопротивлений приборных узлов из медных труб с трехходовыми и проходными термостатическими клапанами / Д. Г. Гилязов, М. А. Валиуллин: Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2012. № 1. С. 89-93.

2. А. П. Пустовалов, Д. Н. Китаев, Т. В. Щукина Повышение энергоэффективности инженерных систем зданий посредством оптимального выбора регулирующих клапанов / А. П. Пустовалов, Д. Н. Китаев, Т. В. Щукина: Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2015. № 1. С. 187-191.

3. О. М. Шинкаренко, Е. С. Корчак Динамическая устойчивость дроссельных регулирующих клапанов систем управления гидравлическими прессами / О. М. Шинкаренко, Е. С. Корчак: Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2013. № 2. С. 30-35.

4. П. А. Кругликов, В. В. Бажанов, Е. П. Кондуров Определение требуемой пропускной характеристики регулирующего клапана гидравлической системы / П. А. Кругликов, В. В. Бажанов, Е. П. Кондуров: Надежность и безопасность энергетики. 2012. № 18. С. 35-37.

5. Л. М. Махов, С. М. Усиков Гидравлический режим системы водяного отопления / Л. М. Махов, С. М. Усиков: Сантехника, отопление, кондиционирование. 2013. № 1 (133). С. 72-73.